《钱学森第六次产业革命思想探微丛书》

编　委　会

《钱学森第六次产业革命理论学习读本》

编　委　会

编辑说明

EDITOR'S NOTE

伟大的战略科学家、思想家钱学森院士，凭着其非凡的智慧、系统的科学思想、伟大的爱国主义精神和深切热爱人民的社会责任感，在其晚年创立的第六次产业革命理论——创建农业型知识密集产业及其五大产业理论，是20世纪最伟大的科技成果和理论成果之一。其伟大意义在于为解决中国的城乡二元经济结构问题，消灭城乡、工农、脑力体力劳动三大差别，实现生产、生活、生态三生良性循环指明了方向，找到了路子，提供了办法。同时为解决世界性人口、资源、环境三大危机，荒漠化、贫困化、气候变化三大难题，最终实现人类和平与发展，人与自然和谐相处开辟了希望之路。

被钱学森院士称为五大产业中小弟弟的沙产业，在第六次产业革命中率先起步，取得理论与实践结合的喜人进展和初步成功，得到胡锦涛、温家宝、宋平、姜春云、宋健、钱正英等中央领导和地方政府的认可肯定，受到专家学者、企业家及沙区、山区、水土流失区人民的欢迎、支持、推广和参与。沙产业已经进入了中央工作的议事日程，进入国家林业局、内蒙古自治区、宁夏自治区政府的建设规划盘子，并出台政策加以推动。沙产业理论最完整、最集中地从一个产业方面体现、反映了钱学森第六次产业革命理论的核心思想和知识密集型农产业的基本特征。认可沙产业理论，就等于认可了第六次产业革命理论。

钱学森第六次产业革命理论在学界有着广泛的影响。中国农业大学在胡跃高教授主持下，于2010年底成立了第一个"第六次产业革命学习小组"（简称学习小组），由在校教师、研究生、本科生积极分子及在京部分同道参加。他们在学习基础上编写了《钱学森第六次产业革命理论学习读本》。

《钱学森第六次产业革命理论学习读本》（以下简称《学习读本》）的完成，是一项重要的学习研究成果。第一，研究探讨《学习读本》的结构体系，形成目录提纲，实际上是研究确立了第六次产业革命理论的结构体系；第二，学习小组广泛搜集、学习钱学森与第六次产业革命理论建设相关的文章、讲话、书信文献和阅读了众多专家、学者的研究文章、书籍；第三，学习小组努力深入学习、深刻理解、全面把握钱学森论述的思想内容、精神实质；第四，对大量文献资料明确分类，做到文题

相符；第五，钱学森理论思想博大精深，如果没有反复学习、反复研讨并结合实际、融会贯通，断不能擅用自己的语言妄加解释。此外，学习小组还克服了时间紧的问题，力争在钱学森诞辰百周年纪念日之前出书。学习小组已经大改三次，小的改动连他们自己都说不清楚了。《学习读本》中学习小组更多是引用钱老的原话编写出来的，这为我们提供了一本结构体系较完整，提纲性、普及性的导读工具书。我们要真诚地感谢学习小组为完成《学习读本》所做出的努力，真诚地感谢他们为宣传普及钱学森第六次产业革命理论所做出的贡献。

《学习读本》中的五大部分主要由胡跃高、陈鹏飞、李建华、雷兆基四位同志分别主笔独立编著完成。因此出现了部分重复引录问题，在通编合成时有意做了保留，没有过多删改。这样，有利于读者对每个部分有较为完整的认识和理解，也想为研究者多留一点资料，帮助我们共同探讨构建《钱学森第六次产业革命理论》体系。

钱学森第六次产业革命理论思想是通过大量文章、报告、书信论述阐发的，涉及政治、经济、文化、生态，以及自然科学、社会科学、系统科学、地理科学、行为科学等多项学科和应用技术。我们深知要想把钱学森第六次产业革命理论思想准确、科学地构建成一部结构严谨、体系完整的教科书式的读本，非一次可以完成。但为了抓紧时间学习宣传钱学森第六次产业革命理论思想，让更多的人早一点了解学习《钱学森第六次产业革命理论》，以便共同推动第六次产业革命的深入发展，共同创建知识密集型农业产业，让国家、让人民早得实惠，早受益。读本虽不尽善，我们想，还是先提供给广大读者在学习的同时对我们的工作给予批评指导。书中如有理解偏差，论述不妥，提法错误，恳望读者及时告诉我们，好公开勘误，并在再版时修正。

《学习读本》收入了钱学森院士的16篇文章，这16篇文章除《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》一文外，其他15篇，都是这次编著时才收集到的，在本套丛书第一集《钱学森论沙产业、草产业、林产业》，第二集中都没有收入，故作为本书附录收入，以供读者学习。《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》是钱学森创立第六次产业革命理论思想的开篇报告，故再次收入。

《钱学森第六次产业革命理论学习读本》，是由内蒙古沙产业草产业协会和西安交通大学先进技术研究院共同编辑的《钱学森第六次产业革命思想探微丛书》的其中一本。原设计书名是《钱学森沙产业、草产业、林产业理论学习读本》，在编辑过程中，发现钱学森院士对第六次产业革命理论即创建农业型知识密集产业理论的整体和宏观论述很多，很完整，对其中农林草海沙五大产业的论述，除沙产业草产业理论有完整体系外，其他农、林、海产业主要是提出观点、阐述思想、指导实践。对五大产业理论思想的论述也都是对农业型知识密集产业理论的具体化、个

性化和延伸。因此，经过再三研究，还是决定书名服从内容。除将本集更名外，还把第二集《钱学森沙产业、草产业、林产业理论纲要》，改名为《钱学森论第六次产业革命（专题摘编）》，内设《钱学森论沙产业》、《钱学森论草产业》、《钱学森论林产业》、《钱学森论海产业》四个专题摘编。把第五集《历史的足迹——钱学森与中国沙产业、草产业、林产业图册》改名为《钱学森与沙产业、草产业图集》。在这里一并说明。

编　者

2011年12月

目录 CONTENTS

五、展望第六次产业革命

主要参考文献

附　录

引言

INTRODUCTION

当代人类社会面临人口危机、资源危机、地球生命系统危机"三大危机"与荒漠化、贫困化、全球气候变暖"三大难题"。如何应对危机与难题是摆在全人类面前的紧迫任务。大约30年前，钱学森敏锐地预见到了以上问题，创造性地提出了"第六次产业革命理论"对策体系。30年过去了，今天我们重新阅读钱学森原著，学习第六次产业革命理论思想，对于我们认识形势、制定国家农业发展战略与计划，具有重要意义。

一 第六次产业革命的目标是在当代中国彻底解除粮食危机，消灭三大差别

1980年后，钱学森在创立第六次产业革命理论期间，多次明确指出：第六次产业革命的目标就是使中国在本世纪中叶彻底消除人口危机，消灭三大差别。他在1980年5月8日完稿的《农业系统工程》手稿中说："我们搞农业，就是实现两个长远目标：创造更多的人类所需要的东西，经营管理好一个庞大而复杂的生产系统；不断改善环境，创造一个人所需要的生态系统。归根到底，还是一个目标，就是我们要改变自然界的系统，创造出一个人所需要的系统。"[1]这事实上是将农业发展目标定位为：改造出新型农业系统，实现农产品安全生产与环境建设两个功能。

在1981年8月24日致张沁文的信中，钱学森提出："我国农村发展的道路将完全不同于过去资本主义国家的，我们是建设小集镇，综合发展的道路。"[2]在1984年5月成文的《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》中再次提出："历史上，资本主义社会形成是破坏农村、建设城市，人口涌向大城市。我们今天要走城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展的道路。"[3]由这两封信可以明确看出，钱学森是在对比资本主义发展教训基础上，构思第六次产业革命的。

关于第六次产业革命的发展目标，钱学森还有过两次明确的表述。一次是在1984年3月3日，钱学森在五〇七研究所学术报告会上做《工业革命的挑战和我们的对策》报告。报告指出："我们把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集，技术密集的，高效能的大农业体系。农村小城镇化是什么？这就是消灭两个差别。城乡差别、工农差别消灭了，再加上刚才讲的知识的重要性，一个劳动者没有知识恐怕是不行了。所以，我说一个劳动者也是一个专家，他要有很丰富的知识。这个前景是在我们的时代，就要消灭历史上形成的三大差别，而

这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国 100 周年时，就实现了。”[4] 明确指出作为第六次产业革命的知识密集、技术密集型大农业与小城镇化建设任务就是消灭三大差别。这一目标的实现期就在建国 100 周年，即 2050 年前后。另一次是在 1995 年 3 月 17 日致李振声的信中提到：“我总记得前王任重全国政协副主席讲过的一句话：共产党员嘛，不能只想到五年、十五年，要考虑五十年、一百年！他教导我们要有远见！因此我想对我国农业，不能就为 15 亿人口，要想想中国人口到了 20 亿、30 亿怎么办。也就是这个原因，所以这几年来我一直在宣传第六次产业革命。”[5] 这强调了粮食安全、农产品安全是第六次产业革命的明确目标。

钱学森对第六次产业革命有着十分明确的发展与建设目标，坚定的信念，而且历久弥坚，从未动摇。1984 年 4 月 10 日致唐明峰信中说：“您说我认为在人民中国建国一百周年，将消灭三大差别，是过于乐观，也许是，马洪同志也说我过于乐观。让事实来证明吧。”[6] 11 年之后，在 1995 年 2 月 28 日致王寿云等信中他再次提到：“我国在 80 年代初就大力发展乡镇企业就是正确的措施。但在这条正确的道路上还没走完，还要走下去，这就是我国现在的农业问题。这一点应成为全国的共识。走下去，路引向何方？路引向第六次产业革命，消灭城乡差别！”[7] 上述思想对于鼓舞民众，坚定信心，高举第六次产业革命建设大旗意义重大。

二　第六次产业革命是当代中国的核心建设任务

1984 年 12 月 23 日，在中国农业科学院第二届学术委员会上的报告《第六次产业革命和农业科学技术》中，钱学森对第六次产业革命做出了明确定义。他指出：“第六次产业革命就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。农业型的产业是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。”“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产。”[8]

钱学森认为：科学革命是人们认识客观世界的飞跃，技术革命是改造客观世界的革命，社会革命是社会制度的飞跃，产业革命是“生产体系在组织结构以及经济结构方面的飞跃变化”[4]。“四种革命的概念之中最难的是产业革命。”[9] 这一认识清晰地展示出了产业革命的重要地位。

钱学森最早在 1984 年 3 月 10 日中共中央和国家机关六个部门联合举办的“新技术革命知识讲座”上做的《关于新技术革命的若干基本认识问题》的报告中，就完成了六次产业革命内容的基本划分，然后在 1984 年 7 月 27 日《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》手稿中做出了系统表述。他指出：第一次产业革命为农业、牧业的出现；第二次产业革命是商品生产的出现；第三次产业革命是大工厂的出现；第四次产业革命是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立；第五次产业革命是“新技术革命（后简略为信息技术革命）引起的世界范围的生产变革”；第六次产业革命为“创立农业型的知识密集产业所将引起的生产体系和经济结构的变革”[3,10]。1993 年提出的第七次产业革命为人体科学发展引发的人民身体和智力的提高[11,12]；1997 年提出第八次产业革命为分子水平设计的结构[12]。八次产业革命中，前四次是在系统总结历史发展过程后进行的准确划分，后四次则是

的将是同样的一些人，而不再是两个不同的阶级。单从物质方面的原因看，这已经是共产主义联合体的必要条件了。”[16]消灭三大差别是社会主义中国的使命。以第六次产业革命为核心的三次产业革命为当代中国在21世纪中叶消灭三大差别提供了历史性机遇，第六次产业革命是当代中国的核心建设任务。

三 产业建设与地理建设是第六次产业革命的两大任务

在1984年7月27日《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业、沙业》手稿中，钱学森第一次将第六次产业革命内容明确划分为五类产业，分别为农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业。其中，“农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，还有副业和工厂生产的工业，是十业并举的农业产业体系”；林业产业基于“我国林业面积可达45亿多亩，是农田面积的两倍多。……是林木加工和森林枝叶的利用。……不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等；而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气”；草业产业基于“我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有43亿亩，……应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。……每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观”；海产业基于“我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。……投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨；……把海洋渔业变成‘海洋放牧’；还有海带、海藻、虾、贝的养殖业；……发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业”；沙业产业基于“我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。……沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，应该既采又种，提高产量。”[3,8]这样的知识密集的农业产业体系的建立“将使中国人民生活得好得多！”[3]。

另一方面，“知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的基地不在城市，而在农村、林区、草原、海边村镇和沙区，这些本来落后的地区，将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。”[17]这样的地区规划发展与建设课题“实际是开放复杂巨系统，是地理建设系统工程。”[18]并且，“地球表层为自然系统与社会系统相交汇的大系统。按照结构特点，自下而上共分为四个层次：第一层次，‘一个工厂、企业，一个生活区，一片林地，一块农业种植田，一片渔业水面等（即工、农业生产和人民生活的基层单元）’；第二层次，地区。‘根据实际情况，相互影响的关系’来确定，‘例如长江三角洲’；第三层次，国家层次；第四层次，世界层次。”[19]

第六次产业革命涉及“条条”与“块块”，或“链”与“网”两个方向建设。条条或链是产业，是垂直方向的；块块或网是整个地理区域，是水平方向的。“农、林、草、海、沙”五业即是在具体的“块块”（区域）上发展产业，进而必然存在区域对产业的制约及产业对区域的作用；地理科学将地球表层作为研究对象，意味着对象的本质特征为“块块”问题及由“块块”组成的整体问题。这是一场同时兼顾产业发展与地理建设、全方位的革命性建设。当代人类农业活动对地球表层扰动具有主导性质。在“三大危机”，“三大难题”并发形势下，即将兴起的第六次产业革命，

对中国与世界自然社会经济的影响具有根本性、全局性、紧迫性意义，无疑将使第六次产业革命及其影响成为当代地理科学独特的重大研究课题。

四　系统科学是第六次产业革命建设的法宝

系统科学理论是钱学森为当代世界做出的具有科学革命意义的贡献。开放的复杂巨系统特征辨识及其从定性到定量的综合集成方法，是以钱学森为代表的中国科技界在近代系统科学领域创造完成的最重要的科学理论与方法。世界正处于科学革命、技术革命的波涛中，由此带动的产业革命、社会革命持续发展。由于历史的原因，21 世纪的中国正处于第四、第五、第六、第七次产业革命同时到达或掀起，一浪高过一浪，波涛汹涌的产业革命大潮之中。而第六次产业革命作为全部当代产业革命的核心，具有承前启后的作用。我们只有自觉地掌握系统科学武器，熟练运用这一法宝，才能圆满完成建设任务。

钱学森在 1985 年 5 月 9 日致唐明峰信中说："我们说'社会主义国家'或'资本主义国家'是指这个国家的'政治的社会形态'是社会主义式的或资本主义式的。我们称之为社会主义社会的，应是经济的社会形态、政治的社会形态、意识的社会形态等都是最先进的，即具有高度社会主义物质文明和高度社会主义精神文明的社会。这样的社会现在世界上还未出现。我国将在 21 世纪中叶实现它。"[20]这是钱学森在产业革命理论创新基础上做出的推断。

钱学森曾经指出："地理科学是开放的复杂巨系统"[21]，在另外场合他也同时指出："应该用开放的复杂巨系统的概念来推动高产、优质、高效的农产业。所以例子(指开放的复杂巨系统的各类实例，本文作者注)还要加：(5)农产业系统，(6)林产业系统，(7)草产业系统，(8)海产业系统，(9)沙产业系统。这五方面都是第六次产业革命的工作对象。"[22]明确界定第六次产业革命属于开放的复杂巨系统建设任务，必须用从定性到定量的综合集成方法来研究解决。

关于以第六次产业革命为核心的产业革命系统科学应用问题，钱学森指出："通过第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，使社会主义政治文明建设、社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义地理建设协调发展，并且要求做到小问题在宏观调控中限日解决，大问题的宏观调控也不出一个月就解决。我们要为此目标建立起：(1)总体设计部体系；(2)信息统计体系；(3)整体的调控理论。"[23]将第六次产业革命理论与实践从小到大，落到实处。

钱学森认为，系统科学理论来源于中国社会主义建设的伟大实践。他说："我们对系统总体设计部的认识源于导弹总体设计部的实践，而那时领导我们工作的是周恩来总理和聂荣臻元帅，他们都强调中国共产党在领导革命的斗争经验，包括大规模集团军的战斗经验。如周恩来就提出'三高'(高度的政治觉悟、高度的科学性、高度的组织纪律性)。所以我们的总体设计部是中国社会主义思想指导下的总体设计部。它实施党的民主集中制。这是我们的特点，也是优越性所在。"[24]我们要倍加珍惜这一宝贵财富，灵活应用于产业革命建设。

钱学森根据自己丰富的系统工程实践经验与系统科学理论创新成果，在第六次产业革命建设问题上多次致信党和国家领导人江泽民、李鹏、田纪云、宋健等，推动成立管理组织机构。"科学技术是第一生产力嘛，而现在部门分隔，形不成统一集中的科学技术力量！所以要修改中华人民共和国宪法，国家设中央科学技术委员会，主席由党的总书记兼，第一副主席由国务院总理兼，中央科委设总体设计部。把过去成功的'两弹一星'经验发扬出来。"[25]；"在农林草

海沙五大产业中，草业建设是薄弱环节，在组织建设上……国家要有国务院草业部。"[26]此外还积极支持成立沙产业、草产业协会[27,28]，支持沙产业草产业网建设，强调做好工作，"把沙产业、草产业推向全国去"[29]；"迎接下个世纪的第六次产业革命，中国的科技工作者现在就要做准备，要制定规划、计划。我国传统农业有丰富的经验，也要吸取"[17]；"沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的，那时还要用生物技术这一现在刚露头的技术革命。对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：(1)从地理科学明确治沙的范围；(2)通过试点，树立沙区植物、动物繁殖加工事业；(3)引入生物技术，做些试验"[30]1984年7月，在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》文中，他说："搞科学技术还得有专业人员，所以必须提出大力培养农业型产业的专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中重视得很不够，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工、食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。可能还要考虑创办一种新型的高等学校，'理农综合性大学'"；"为了深入研究和发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路"[3]等。

长期以来，在地理科学、社会科学、自然科学领域，理论科学家不涉及实践，搞实践的人用经验主义的方式完成社会任务，双方基本老死不相往来，科技、实践两张皮问题严重。钱学森从《工程控制论》开始，把理论与实践两个轮子组合起来，成就了"系统工程"与"系统科学"的快车，人类藉此将从马克思、恩格斯所说的必然王国进入自由王国！系统工程是当代最重大的技术革命成果，系统科学是当代最伟大的科学革命成果。这是以钱学森为代表的当代中国人对全人类做出的最伟大的贡献。钱学森系统工程成果、系统科学理论在中国已经结下了珍贵的果实，中国人饱受恩惠。中国人完全有能力、有责任，用这一理论在2050年之前完成第六次产业革命任务，在人类历史上率先消灭三大差别。

五　结语

钱学森提出产业革命学说与第六次产业革命理论已经28个年头。国际国内形势发生了深刻变化。2006年，莱斯特·布朗指出："西方的经济模式不适用于中国，它在印度也肯定不适用……。对于也在做着'美国梦'的其他发展中国家的30亿人口，西方的经济模式也必然不适用。"而且，"现行的经济模式对于工业化国家也同样行不通……老经济的日子已经屈指可数了"[31]。2011年法国人类学与社会学家保罗·若里翁评论金融危机以后的世界时说："资本主义的衰落现在是确定无疑的，因为他已经走向崩溃，而唯独能够阻止崩溃的措施，我们的领导人是绝对不会采用的，进一步拖延只能让可能的复苏更加困难。不能对股市的喘息抱有幻想。经济不平衡一直未被消除。金融危机摧毁了国家。国家不再有能力投资于社会保障，而社会保障曾经维持了所有人都能从这个体制中获益的信仰"[32]。

与此同时，资本主义生产方式主导下的世界农村牧区与农业问题凸显。"自工业革命开始以来，城乡贸易关系一直是有利于城市的，因为城市控制着资本和技术这些稀缺资源。但是，一旦土地和水成为最稀缺的资源，那么在农村地区掌控这些资源的人，也许有一天将在城乡贸易中占据上风。"由此推断，世界"今天的城市化可能放慢，甚至逆转"[31]。今年8月，美国金融家罗杰斯在接受采访时说："世界经济正经历历史性变化，即将进入漫长的低增长期。很可能长达三、四十年。经济中唯一能保持强劲发展的领域是自然资源和农牧业这一块。农牧业将

会是未来 10 年、20 年或 30 年中最好的职业”[33]。越来越多的人强烈感到，受“三大危机”、“三大难题”的影响，近 300 年来发展成型的资本主义模式已经显现颓势，世界资本主义化的车轮迟滞，人类社会处于重大变革之中。

过去 30 年中，中国农村牧区与农牧业取得了巨大成就。但必须承认，我们面临农业增长率下降、农产品自给率跌落、农村牧区资源环境紧张、农村牧区社会老龄化形势严峻等“不平衡、不稳定、不协调、不可持续”问题，有的已经十分严峻。在此重温钱学森产业革命学说与第六次产业革命理论，我们在折服于他高超的预见力与伟大的创造性的同时，我们内心强烈感到，时代在高声呼唤第六次产业革命的到来！

一、第六次产业革命理论是马克思主义与中国社会主义建设相结合的产物

1 马列主义、毛泽东思想、中国特色社会主义理论是第六次产业革命的理论基础

(1) 钱学森第六次产业革命理论是对马列主义、毛泽东思想、邓小平理论的继承和发展

马克思列宁主义是指导中国人民进行反帝反封建革命的先进理论,毛泽东思想和邓小平理论是把马克思主义基本原理同中国具体实际相结合过程中产生的两大理论成果。钱学森说:“马克思列宁主义的基本原理是真理,我们必须坚持不动摇。把马克思列宁主义和中国实际相结合的毛泽东思想对我们来说是真理,我们必须坚持不动摇。把马克思列宁主义毛泽东思想与我们的社会主义建设经验和世界形势相结合的,邓小平建设有中国特色的社会主义理论,对我们来说,也是真理,我们必须坚持。”[34]“马克思、恩格斯、列宁、毛泽东、邓小平都是我们的老师,我们要无愧于我们的老师!”[35]“我们按照马克思列宁主义毛泽东思想和邓小平建设有中国特色的社会主义理论,只能前进,不能后退!我们正面临第五次产业革命,即将迎来第六次产业革命和第七次产业革命,历史决不会重演!”[36]

第六次产业革命理论是钱学森运用辩证唯物主义与历史唯物主义理论指导,依据人类发展历史与中国社会主义社会建设实践需要,把握时代发展的脉搏,审时度势,做出的科学预测,是钱学森全面考察世界社会经济发展历史,既继承前人又突破陈规,是在新的历史条件下把继承、发展和创新辩证地统一起来,从产业革命发展规律中做出的理论创新,是马克思主义社会发展理论在当代中国的继承与发展。钱学森说:“我的体会是我们要根据人类在马克思之后的一个世纪来的实践经验,丰富和发展马克思主义哲学——辩证唯物主义。……用我们从本世纪初开始的量子力学的科研成就来发展并深化马克思主义哲学,写出新一代的辩证唯物主义。我在前几年就提出过,今天的世界早已不是马克思时代的宏观世界这一个层次。在宏观世界之下还有一个微观世界层次。在宏观世界之上还有一个宇宙世界层次,那里广义相对论是起主导作用的。从决定性理论中会出现看似非决定性的混沌这一事实出发,人们正在猜想:量子力学的非决定性可能来自更下一个层次——渺观——的决定性混沌。事物还会发展,将来会有宇观以上的世界,也会有渺观以下的世界(见《哲学研究》1989 年 10 期 3-8 页)。……总

之，我们既要坚持马克思主义，又要开拓前进！”[37]

(2) 产业革命学说是对马克思主义社会发展理论的继承和发展

产业革命一词是马克思恩格斯提出使用的，是指经济的社会形态的飞跃，整个生产体系的飞跃变化。钱学森指出："人认识客观世界只有通过实践。马克思恩格斯总结了人类直到19世纪后期的实践经验，创立了科学的社会主义理论。"[38]"恩格斯在《英国工人阶级的状况》一书里，用很大篇幅描绘了18世纪末到19世纪初近60年中，由于蒸汽机、动力和大工厂的出现，英国在工业、交通运输以及农业方面翻天覆地的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。从恩格斯的书中，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还有农业、交通运输以及经济关系的变化。如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。"[8]"关于产业革命，马克思曾用过一个词，叫社会形态。马克思用德文表达的'社会形态'这个词，其含义是十分清楚的。经济问题是社会形态的一个侧面，马克思说，经济的社会形态的飞跃是产业革命。这样的用词，说明经济是社会形态的一个侧面"[39]。

钱学森对历次产业革命的理论界定是根据马克思、恩格斯的历史唯物主义来分析进行的。钱学森说："在《英国工人阶级状况》这本书中，恩格斯分析了18世纪末到19世纪上半叶英国由于蒸汽机的出现而引起整个社会的变化，包括工业、农业等的变化。所以'产业'一词不是指某一个方面的事业，如工业、农业，而是指整个物质生产的事业，其影响涉及全社会。在上古时代，当人们还是靠采集和狩猎为生时，是谈不上物质资料生产的，因而也就不存在什么产业。从这个意义上说，第一次产业革命大约发生在一万年前的新石器时代，即出现了农牧业。第二次产业革命，是开始出现商品经济，即人们不再单纯为个人的生存、个人享用而生产，开始为交换而生产。这在中国，出现于奴隶社会后期，即公元前约一千年。第三次产业革命是蒸汽机出现，这是大家熟悉的。第四次产业革命出现在19世纪末，即生产不再是以一个个工厂为单位，而是出现了跨行业的垄断公司，也就是列宁在《帝国主义是资本主义的最高阶段》一书中讲的情况。第五次产业革命即目前正在发生的，国外有人叫信息革命，全世界将构成一个整体组织生产。我之所以提出五次产业革命，是根据马克思、恩格斯的历史唯物主义来分析的，即物质资料生产方式的变革影响到整个社会发生飞跃。我认为这样分析是符合马克思列宁主义、毛泽东思想的。"[39]

马克思、恩格斯、列宁对前四次产业革命的社会影响和变化都有所著述。钱学森说："恩格斯对第一次产业革命、第二次产业革命的社会影响都有专门著作，而列宁对第四次产业革命有《帝国主义是资本主义的最高阶段》。"[40]"第四次产业革命带来的变化也是很大的，列宁从政治的侧面总结了这个变化，就是那本名著《帝国主义是资本主义的最高阶段》。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系、组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，就是第四次产业革命。"[8]"列宁看到了这一点，并写了书。但列宁生前没有能深入总结这一社会发展，看到这实际是又一次由于生产力的发展引起的经济基础，以致上层建筑的变革，是一场革命——产业革命。"[38]对于第三次产业革命，即工业革命，马克思、恩格斯作了深入研究，对整个社会生产的影响变化做了详尽深刻的描述。马克思、恩格斯、列宁的相关论述，是钱学森产业革命学说创立的重要理论基础。

(3) 产业革命是生产力发展引起的经济的社会形态的飞跃，是经济基础和上层建筑相互作用的结果

产业革命是由生产力的发展而引起的生产体系和经济结构的飞跃。钱学森提出，根据历史唯物主义的基本概念，就是生产力与生产关系，经济基础与社会上层建筑的关系，由于生产力的发展，相应的生产关系，上层建筑必然有变化。这个变化体现在生产的组织结构和经济结构的飞跃，这就是产业革命[4]。产业革命的巨大变革既包括生产力也包括生产关系。当然它也必然影响社会结构，带来社会上层建筑的变化[41]。他说："我以为产业革命就是由生产力的发展而引起的生产体系和经济结构的飞跃，这包括生产力的方面，也包括生产关系的方面。当然经济基础这么大的变化也必然会导致社会上层建筑的改革。"[9]

生产力发展到一定阶段必然形成新的社会经济结构，是符合历史唯物主义的。钱学森说："在社会历史的发展问题上，这些脱离实际的理论家，也未能总结人类历史，按马克思创立的历史唯物主义，树立科学革命、技术革命、产业革命、文化革命、社会政治革命的系统观念。他们死抱住马克思研究过的工业革命这一次产业革命，不提还有其它产业革命！人类历史上从采集、打猎到农牧不是人类历史上第一次产业革命吗？到奴隶社会后期出现了商品交换，不是人类历史上的第二次产业革命吗？这样所谓工业革命实际是人类历史上的第三次产业革命，而大约在一百年前出现的市场经济是人类历史上的第四次产业革命。不论资本主义或社会主义，都是政治体制，对生产力发展到一定阶段所必然形成的社会经济结构是都不能否认的。这是历史唯物主义嘛。"[38]"今天的发达资本主义国家到底是怎么一回事？不清楚，不能用理论去看清天天报纸上讲的现象。这个难关如何过？我想还得从根本原理出发，生产力决定生产关系，经济基础决定上层建筑，以及生产关系及上层建筑的反馈作用。我们必须搞清楚：这第五次产业革命是什么？它是怎样改变或重组现代发达资本主义国家的生产关系的？"[42]

产业革命是人类社会的生产事业的大发展，是社会结构的飞跃。钱学森说："有人类社会是自第一次产业革命（即大约相当于新石器时代）始，有了生产事业，才有社会——原始公社。以后又随着生产力的发展进步，出现奴隶社会、封建社会已有 1 万年了。在此阶段人们是逐步加深对自然规律和社会规律的理解，逐步转变被统治的状况。"[43]"产业革命是生产技术引起的生产力大发展，从而引起一场经济结构的大变化，最后导致社会结构的飞跃。所以第一次产业革命发生于大约一万年前，人从采集、打猎为生变为靠种地放牧为生；原始公社的社会制度变为奴隶社会制度。第二次产业革命发生于中国大约 3000 年前，即奴隶社会后期，商品交换出现了。第三次产业革命也就是发生于 19 世纪末，20 世纪初，帝国主义开发了世界市场，生产体系也大为改观，出现世界规模的市场经济。列宁早逝，斯大林思想僵化，苏联未能及时进入社会主义市场经济，吃了大亏，也影响我国，损失了 40 年时间！第五次产业革命是世界正在进入发展的又一次产业革命，信息革命，是由电子技术引起的。这在我国已引起重视。随着社会主义经济体制的改革，发展我国社会主义市场经济，我国企业进入世界市场竞争，第五次产业革命必将在今后开展起来。我认为社会主义中国是中国共产党领导的，以历史唯物主义武装起来的，我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到 21 世纪，看到建党 100 周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命做准备。"[44]

2 新中国社会主义建设是第六次产业革命的实践基础

1984 年 12 月 23 日，钱学森在中国农科院第二届学术委员会上作了《第六次产业革命与农业科学技术》的报告，报告中指出“第六次产业革命”就是：建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。农业型的产业是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系[8]。这也就是钱学森所说的“大农业”。

从上面第六次产业革命的内容我们可以看出，第六次产业革命的落脚点是五大产业所在领域的区域发展，是地理科学眼光下的新的农业发展和城市发展，其实践范畴扩散至生物科学、农业科学、信息技术科学、城市科学、产业科学、教育科学、人体科学等诸多新世纪最重要的科学部门。所以，第六次产业革命理论将要指导的是整个新中国的建设这一复杂的巨系统。

“中国最突出的国情特点是：人口众多，农业资源相对紧缺，粮食消费量大，农业供养人口能力不足。农业既是国民经济最基础的部门，又是国民经济最薄弱的部门；既是就业人口最多的部门，又是劳动生产率最低的部门。”[45]而中国农业最基本的国情就是“人多地少”，以结构分散的小农经济为主。小农经济的缺点是显而易见的：不具规模效应，较高的市场进入成本，较大的市场风险。

以人口为例，我国是世界第一人口大国，人口问题关系经济社会发展全局。新中国成立特别是改革开放以来，我国人口转变的加速推进成为经济社会发展的重要基础，其中以降低生育率为主旨的人口政策的有效实施起到了关键作用。新中国是在半殖民地半封建社会基础上建立起来的，封建社会“多子多福”的传统观念影响深远。1957 年将适当控制人口增长当作马尔萨斯人口论批判，进而形成了“人口越多、劳动力越多、积累越多、发展越快”——人口越多越好的理论教条，导致在 10 年“文革”期间，人口和计划生育工作处于停顿、半停顿状态。20 世纪 70 年代后期，面对经济短缺、人口和劳动力过剩的严峻形势，1980 年中央正式提出以提倡生育一个孩子为主要标志的生育政策[46]。

中国从 1.73 亿城市人口起步，到现在为止，城市人口已增加到 5.7 亿人，也就是说，不到 30 年，城市人口就增加了 4 亿人，而且绝大多数是农村人口进入到城市中来。人类历史上，没有一个国家的城市人口能够在不到 30 年的时间里净增 4 亿人。根据联合国的数据，1975 年到 2003 年，发展中国家城市人口年平均增长率为 3.6%，世界平均增长率为 2.5%，中国则为 4.1%；2010 年前后，中国城市化率开始超过发展中国家平均水平，到 2030 年将达到 60.5%，高出发展中国家平均水平 3.4 个百分点[47]。在城市高速发展的同时，农村如何发展进步？

自 1978 年至今，新中国在党正确的基本路线方针指导下蓬勃发展，经济、政治、文化、社会蒸蒸日上，人民生活得到了普遍的提高。但是同时，我们也能够请楚地认识到，处于社会主义初级阶段的中国还有很多还未能解决的以及新出现的问题，诸如，“三农”问题、就业问题、贫富分化问题、养老问题等。这些问题都有可能引发社会的不稳定。其中，“三农”问题是现代中国面临的一个最大难题，它不仅关系到近八亿人的生活与生产活动，还关系到粮食安全、水资源安全、食品安全、养老、就业、产权等一系列复杂的问题。第六次产业革命理论可以说是给了我

们一个契机，是新中国在21世纪的一个发展机遇。

第六次产业革命理论提出较早，但并没有受到应有的重视和足够的关注。不过从新中国建设轨迹及其现状来看，我们能够看到第六次产业革命理论的影子。或者换一种说法，就是新中国的建设本身就是第六次产业革命的实践内容，而且，现在已经形成了实践基础，对第六次产业革命的呼声也越来越高。我们有理由相信，第六次产业革命理论实践的新时代已经到来！

3 钱学森科学思想是第六次产业革命的思想基础

钱学森的科学思想博大精神，内容涉及人类知识体系的各个方面，在有些科学领域做出了开创性的贡献，提出了许多前瞻性的预见和设想。包括：工程控制论、系统工程与系统科学理论、多学科思想的形成及现代科学技术体系的构建、科技革命及社会革命理论等。他的这些科学思想体现了我们这个时代科学精神的精华，体现了辩证唯物论的哲学思维；他的科学思想来自实践、为了实践，“理论联系实际，实际要理论指导”是钱学森科学思想的活的灵魂；他的科学思想常常从艺术中获得灵感，且与社会发展相结合，科学与艺术、科学与社会相结合是钱学森科学思想的鲜明特色；他的科学思想常常是自然科学与社会科学及科学技术等多学科知识的综合集成，不仅汲取了中国传统文化的精华和当代世界最先进科学技术的成果，而且凝聚着深厚的爱国热情和高度的社会责任感，一切是为了祖国的强大、世界的和平和人类的幸福。

理论联系实际、实际要理论指导，是钱学森科学思想的精髓。钱学森科学思想在形成之初，就体现出了鲜明的实践特性。钱学森在1948年和1957年，分别发表的《Engineering and Engineering Sciences》和《论技术科学》两篇论文中阐述了“技术科学”这一概念，他指出技术科学属于应用科学层次，为工程技术服务，以改造世界为目的。1954年出版的《工程控制论》是其技术科学思想的具体体现。其后，钱学森将工程控制的方法应用在我国国防尖端技术领域，成功地创建了中国的导弹航天事业，并研究、制定出一整套中国现代工程技术开发的技术过程。在从事中国导弹航天工程实践基础上，钱学森逐步发展和形成了系统工程理论和系统科学思想。钱学森的工程控制论、系统工程理论和系统科学思想，广泛应用于军事、农业、林业乃至社会经济各个领域的实践活动，对许多领域产生了重要影响，在我国现代化建设过程中发挥了重要作用。钱学森敏锐地把握了信息技术对人类社会发展的深远影响，把它作为第五次产业革命的核心技术，积极倡导信息技术研究应用和信息产业发展，运用产业革命思想来预测和推动信息技术的发展应用，体现了钱学森科学思想的预见性和实践性。

系统科学思想是钱学森科学思想的内在特征。在钱学森的科学理论和科学实践中，系统科学思想贯穿其中。在钱学森科学思想形成早期，创建工程控制论时，其中的系统控制思想已开启了系统科学思想的萌芽。在国内开创我国火箭、导弹和航天事业，进行大规模科学技术工程时，钱学森摸索出一套既有中国特色又有普遍科学意义的系统工程管理方法与技术，实践检验证明这套方法具有科学性和有效性。1978年，钱学森、许国志、王寿云在《文汇报》发表了《组织管理的技术——系统工程》一文，标志着钱学森的系统科学思想开始形成理论，随后他从系统研究和现代科学技术体系构建的角度逐步构建和发展系统科学，并建立一套系统方法论体系。

多学科思想的形成和现代科学技术体系的构建，是钱学森科学思想的集中体现。20世纪80年代以后，钱学森的科学思想非常活跃，与科学界同志广泛交流，不仅在自然科学领域驰骋，对社会科学研究也投入很大精力，在自然科学和社会科学的结合点上，诸如系统科学、思维科学、人体科学、地理科学、军事科学、建筑科学等领域，作出了许多开创性贡献，提出了科学革命和技术革命思想。钱学森创造性地运用系统科学方法从整体上去研究现代科学技术发展的体系结构，并逐步形成了十一个门类三个层次的现代科学技术体系。钱学森构建的现代科学技术体系，既有系统研究的深度，又有跨领域、跨学科的广度，还有跨层次的高度，这样的三维知识结构，是一般科学家所不具备的，充分展现了钱学森科学思想的独特魅力，是钱学森科学思想的集中体现。

辩证唯物主义是钱学森科学思想的哲学基础。钱学森自觉地运用辩证唯物主义从事科学研究，他说："把马克思主义哲学放在科学技术体系的最高层次，也说明了马克思主义哲学的实质，它绝不是独立于现代科学技术之外，它是和现代科学技术紧密相连的。"钱学森把认识论、唯物史观与辩证唯物主义区别开来，把辩证唯物主义视作最高层次的世界观。把认识论与唯物史观作为部门哲学，作为辩证唯物主义与一切科学技术联系的桥梁。辩证唯物主义通过部门哲学而从科学技术汲取丰富的营养，而各门科学技术则通过部门哲学从辩证唯物主义取得认识世界和改造世界的一般方法，即哲学的思想指导。这种认识方法，有利于克服只分不合、孤立片面的思维方式，有利于克服从分析哲学、自然科学研究发展起来的现代科学研究思维的局限性。钱学森始终认为，用辩证唯物主义的观点指导科学研究是我们国家的一大优势，不能放弃这一法宝。

深厚的爱国热情和高度的社会责任感是钱学森科学思想的精神特质。钱学森的科学成就与贡献来自他坚定的政治信仰与信念，高尚的道德情操和品格。钱学森科学思想是一个知识宝库，对国家的发展、建设和安全有着极其深远、长久和潜在的战略影响。钱学森曾说："我作为一名中国的科技工作者，活着的目的就是为人民服务。"作为名副其实的人民科学家，钱学森同时也是一位杰出的战略科学家和思想家，在诸多学术领域中形成、建立、发展了自己的科学思想，内容极其丰富、宝贵，是我们21世纪科技强国的法宝。

没有钱学森科学思想，就没有第六次产业革命理论。钱学森在20世纪80年代，提出大农业思想，并逐步形成第六次产业革命的理论，又在实践中不断发展和完善。正是由于第六次产业革命理论的指导，才有了"沙产业"、"草产业"的实践，才有了目前我国甘肃、内蒙古等西部地区沙产业、草产业的蓬勃发展。沙产业、草产业的成功实践，进一步验证和说明了第六次产业革命的正确性，说明了第六次产业革命理论对我国农村、牧区建设的重要价值和意义。所以说，现在应该是有组织、有计划地研究、理解、认识、宣传、实践钱学森第六次产业革命理论，应用钱学森科学思想的时候了。

二、第六次产业革命的主要内容

4 第六次产业革命的内容是创建农业型的知识密集产业

(1) 第六次产业革命是以农业型知识密集产业为主导的产业革命

第六次产业革命理论是钱学森在产业革命理论和对人类历史上五次产业革命认识的基础上率先提出的，是对我国农业、农村、牧区发展的一种科学构想和预测，是指导我国进行 21 世纪现代农业建设具有全局性战略意义的理论。他在 1984 年中国农业科学院第二届学术委员会上所做的《第六次产业革命与农业科学技术》这篇关于产业革命理论和第六次产业革命的经典文献中提出，我国农业、农村的发展要开创自己的道路，即农业型知识密集产业。他说："我们可以直接借鉴于外国的地方当然很多，但是不能从总体上来借鉴外国的农业发展。为此，我认为就是要创建农业型的知识密集产业，也就是知识密集型的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。"[8]

第六次产业革命是在诸次产业革命中的一次，是继第五次产业革命之后又一次产业革命，是社会生产体系的又一次飞跃变化。钱学森指出：第六次产业革命就是要像第三次产业革命那样，机械工业兴起，手工业消灭了；第六次产业革命就是要消灭个体操作的第一产业，使农业也进入第二产业和第三产业，从而大大引入现代科学技术[5]；第六次产业革命是直接利用第四次产业革命的成果"集团式公司组织"于"绿色农业"和"蓝色农业"，重点变革在于生产组织，大规模的集团式经营。

第六次产业革命是以知识密集型农业为主导的产业革命。钱学森认为，第六次产业革命就是建立农业型的知识密集产业[8]，是把我国农村的生产变成一个知识、技术高度密集的，高效能的大农业，成为一个新型的综合农业体系，利用现代科学技术，因地制宜地发展综合利用，形成多层次高效能的生态系统，最大限度地利用落到地面上的太阳能[10]。第六次产业革命是利用阳光为能源，通过生物(包括植物、菌物和动物)制造初级产品，然后再进行加工，将产品投入市场——国内市场、国际市场，是创立一种农业型的知识密集型农、林、草、海、沙与工、贸一体化的产业。它将消灭工、农差别与城乡差别[49]。

农业型的知识密集产业是知识、技术高度密集的农业。钱学森高度重视科学技术在第六

次产业革命中的作用。他指出，知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度科学技术的生产[8]。“要用科学技术把农业变成一个高度知识密集的技术性生产体系，也就是中间尽量插入一些环节，比如说配合饲料，发酵饲料；利用牛粪种蘑菇，养蚯蚓；把饲料投入池塘养鱼；还有养蜜蜂等等。这些东西就是在整个农业生产体系里面用科学办法，用生物学，即现在说的生物工程，中间插入很多环节，让这个中间环节的产品又可为人所利用。过去还有很多东西作为废物丢了，比如骨头，可以制骨粉，还可以提取骨蛋白。树叶我们也扔掉了。树叶可以制叶蛋白。而这些东西都可利用来培养单细胞的蛋白，营养价值很高，至少可以做饲料。”[4]知识密集型产业的内在要求，就是利用人类社会创造的一切知识，包括自然科学、社会科学、技术科学等，吸取全世界的先进经验和科学技术，充分运用工程技术手段和一切可以运用的管理知识来组织生产经营。

农业型的知识密集产业是进入第二产业的农业。钱学森指出要利用现代工业生产技术来武装农业，使第一产业的农业变为农工贸一体化的现代农业。他说：“一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。……这样搞下去，会有飞跃的。”[8]

农业型的知识密集型产业是一个农、工、商综合农业生产体系。钱学森认为农业型的知识密集产业已经不是传统的农业，不是单个方面的生产，而是一种生产体系，一种产业[8]。这种生产体系，“总的讲实际上是农、林、牧、禽、鱼、虫（蜜蜂、蚯蚓）、菌（蘑菇）、微生物（单细胞蛋白）、副（副业）、工（加工业），十业并举，这样大的综合性农业。直接从事于种植业的那只是人口的少数，……因为有大量的加工工业”[4]。

农业型的知识密集产业要充分利用太阳能。钱学森说：“自从 18 世纪末 19 世纪初在国外的那一次产业革命都是在集中利用煤、石油、天然气，现在利用核能，这些都是我们赖以生存的能源。实际上，太阳能是最大的能源。假如算一下到底有多少太阳能照到我国 960 万平方公里的国土上，那是非常惊人的，太阳的能量有多少呢？一年的光照大约相当于消耗 16 000 亿吨煤，……就算只有 1/4 的国土能够直接用于农业和林业，那么我们按 15 亿人口平均，这样一个种植面积，植物的光合作用的效率如果算 1%（这是搞得最好的，是可以达到的），大约每人就有 5 吨以上的农、林业产品。”[4]“农业型的产业是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。这是农业型产业得天独厚的优势。当然，限于水和肥料的供应，限于光合作用所必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。太阳光还能在地球上转化为风力和水力资源，农业型产业也要利用风力和水力发电进行生产。”[8]

农业型的知识密集产业是高效的农业。钱学森说：“首先我们要考虑的是要提高农业的效益，如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，生产有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，养牛、养羊、养兔、养鸡、养鸭、养鹅。不但这样，牛粪还可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂。它们排出的废物还可以再利用，可以加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气体。塘泥和沼气池渣最后还可用来肥田。”“光合作用生产的产品，人也不能全部直接利用。以粮食作物来说，籽实在干产品中占不到一半，其他 60% 是秸秆。现在农村缺燃料，往往把作物秸秆当柴烧，肥料和有机质不能还田，这是个大损失。”“并且我们可以注意到，只有直接利用太阳光能的植物生产才占用地面，其它的生产过程，或者是利

用动物的，或者是利用微生物的，或者是工业加工，这些都可以在厂房里进行。厂房可以是楼房，也可以在地下，少占地面或不占地面，这样对于我们国土面积的利用率就大大提高了。”[8]

农业型的知识密集产业将促使农村变成小城镇。钱学森说：“知识密集型农业是大的综合性农业，直接从事于种植业的那只是人口的少数，这将会变成什么样呢？也就是农村要变化，变成不是农村了，因为有大量的加工工业，农村大概变成小的城镇，小集镇，一个小集镇可能是几千人到万把人。……这个变化我看是值得我们骄傲的，是中国人的。外国人没有，外国多少年来都是破坏农村，建设城市。……这样一个变化，那是人类历史上的创造。”[4]“我们今天要走城市和农村同时建设，城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。上述农业产业（指知识密集型农业产业）的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。现在农村已经开始盖楼房，还可以盖高一点，少占地面。将来甚至可以是发展到地下建筑，冬暖夏凉，节省空调，又完全不占地面，地上是园林，给人们游乐休息。从前集镇的发展有点自发，现在国家应该派专业队伍去指导，一方面可以去学习，收集群众的创造、经验，然后科学地提高，再回到群众中去；另一方面去指导，群众还没有做到的，可以教他去做。”[8]

（2）第六次产业革命是以生物科学技术等为主要的科学技术推动力

第六次产业革命的推动力是以生物科学等技术为龙头，以生物技术、信息技术为主要的科学技术，包括生物科学、生物工程技术、系统工程等一系列现代科学革命、技术革命成果。钱学森提出，第六次产业革命是知识密集型产业，要充分运用自然科学、社会科学、工程技术，以及一切可以运用的知识来组织经营它。要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时，组织我国自己的力量，包括各高等院校、各科学研究机构，中国农业科学院、中国林业科学院、中国科学院、中国社会科学院等共同攻关[3]。

推动第六次产业革命发展的技术革命包括生物工程技术、生物化工、食品工业生产、农业系统工程等。钱学森在 1984 年 5 月成文的《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》中对此有详细论述。他说：“要发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，为农业型的产业服务，大大提高生物生产的经济效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物。属技术开发性的科研也有几个方面。先讲用生物进行生产的生物工厂。……单细胞蛋白质用作为配合饲料的添加剂，这是用有机质的废渣废液，通过培养单细胞微生物，合成蛋白质，然后分离出菌体。还有沼气生产过程也要研究，提高生产效益，……再就是蚯蚓的养殖从现在的比较原始的办法逐步发展到全自动控制的连续性生产等。这方面的技术是随着生物技术的应用迅速发展着的。……又一个方面的是生物化工，也就是用生物产品作原料，用机械和化学方法，在工厂中分离和制造新产品。这里工作加工对象是无生命的。这一类中包括各种下脚料的利用，如骨头制骨粉，骨粉提骨蛋白质等。再如树叶也可提叶蛋白。至于配合饲料这方面更是化工生产的一个大项目。……要搞生物产品的深度加工。这里是说农业型产业的成品可以是直接供人食用的食品，这方面的生产就是我们常说的食品工业。要重视食品工业，抓食品技术……。还有一项为开发农业型知识密集产业的科学技术，非常重要，但人们还不很重视，不大认识。这就是系统工程，组织管理复杂体系的技术，用到农业生产，就是张沁文同志提倡的农业系统工程。”[3]

钱学森认为，第六次产业革命在科学研究工作中的一大课题是对生物资源的全面调查研

究。他说："在科学研究工作中的一大课题是对生物资源的全面调查研究，因为农业型的产业是靠生物来完成生产任务的。这看起来好像是老课题了，几百年来生物学不是一直在搞这项研究吗？是老课题，但有新内容，就是要从定性观察过渡到定量观测。这是因为我们的产业是要高效益运转的，产业的组织结构又非常复杂，一层接一层，一环扣一环，非常严密，容不得半点差错，生产组织指挥是用电子计算机计算的。这就要求生物过程要精确地定量，不能只是定性。这个要求对生物资源的科研工作来说，就是更高的要求了。"[3]

农业系统工程是创建农业型知识密集产业的重要内容。钱学森非常重视系统工程在农业生产中的应用。他说："系统工程，是组织管理复杂体系的技术，用到农业生产，就是农业系统工程。农业系统工程用到今天的农业，虽有一定的作用，不容轻视，但因为现在的农业还没有组织得那么严密，农业系统工程还不能充分显示它的威力。也因此，一旦农业系统工程用到知识密集的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业就能大显身手，不但在体系的组织，而且在日常生产调度上，都会显示其威力。所以研究发展农业系统工程是创建知识密集农业型产业的重要内容。"[3]

5 第六次产业革命的对象是农、林、草、海、沙产业

在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》[3]手稿中，钱学森第一次系统完成了对第六次产业革命内容的科学划分，然后在当年 12 月 23 日中国农科院做的《第六次产业革命与农业科学技术》[8]报告中完善，概括出"农业型的知识密集产业可分五类"[8]。

"第一类农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。"[8]"在我国约占 16 亿亩面积。这个产业是目前最受注意的，因为它在我国是劳动力最多的、也是产值最高的农业型产业。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林、养畜的牧、养家禽的禽，还有渔，也养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业，微生物（沼气、单细胞蛋白）业；当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系。"[3]

农业产业的建设应当与农村集镇建设同步推进，在推动农业产业建设的同时，农村集镇化同步发展。"我们今天要走城市和农村同时建设，城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。"[8]农业产业建设包括有多种经营下的产业链、网建设，与农村集镇建设两方面。这是一条城乡同时建设，工农协调发展的道路。

"第二类是林业产业，不光是种树，而是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林荒山，我国林业面积可达 45 亿多亩，是农田面积的两倍多。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。

生产关系和生产体制问题解决之后，就要解决林业生产的生产组织和生产技术问题。不是附带搞种植树木的林业，而是大规模地搞。要发展木本植物。食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法搞多层次的综合生产。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植业和鱼池养殖业。

作为林业产业的特点，是林木加工和森林枝叶的利用。现在把原木运出林区到城市加工的做法值得考虑。能不能把木材在林区加工到半成品、成品？能不能从林区直接运出纸张？这样加工过程中的木屑、锯末、纸浆的废液，都可以利用。再加上枝叶的利用，林业产业就可以大搞饲料，发展畜牧业。牲畜粪便又可以养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而它们大量排放的有机废液又可以用来生产沼气，作为林业产业的燃料产品。这样，林业产业不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等；而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气。"[8]搞林业建设还要"务必注意社会及经济方面的问题，这一关过不好，全局皆输了。"[50]林业属于地理建设的基本内容[51]。

"第三类是草业产业，是草原经营的生产。内蒙古发展草原是有成绩的，从1947年到1983年这37年中，内蒙古自治区的73亿亩草原，畜牧业累计产值100多亿元。然而折合下来平均每亩每年产值才2毛钱。我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有43亿亩，目前经营粗放，效益很低，如上所说，顶多搞点草库仑。应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。

搞好光合作用，精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。引种和培育优良草种。防止自然界的敌害，如灭鼠等。一亩草原经过科学改造，亩产干草可以比现在大大提高。

畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，都要运到加工厂进一步加工，综合利用。血粉、骨粉等要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

饲料加工的废料和饲养点的牲畜粪便可充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车，开拖拉机，发电。这种生产和定居点大约几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有10～20公里。既然是几百人的居民点了，就可以有小学和初级中学。有采用沼气和用风力的上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信广播卫星可以直接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心，应该有草业的中等技术学校和师范专科学校。

创建这种知识密集的草业产业在我国43亿亩的草原上，每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观。"[8]届时，现代化的草原牧区——"高原乐土"将建成，这也将有助于"彻底解决民族问题。"[52]

"第四类农业型的知识密集产业是海业产业，是利用海洋滩涂的产业。我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。长期以来我们只捕捞而不养殖，就如原始社会早期畜牧业出现以前，以打猎为生。我们由此也就悟到创建知识密集型海业产业的道路，就是转'猎'为'牧'。山东省荣成县有300多公里的海岸线，50万亩浅滩，水产品占山东省1/3，要建设一批以水产品养殖和加工为主的港口小城镇。在这批城镇中有水产品加工厂、副食品厂、塑料厂、阀门厂、渔船修造厂和对虾养殖场等，已初步构成产业体系。这是认识上的一个飞跃，真正认识到近海滩涂充分利用的价值。

我国近海面积是日本的5.6倍，而1982年我国全部海洋渔业的产量才是日本近海渔业产量的46%。改变这种落后状况的一个技术措施是投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成'海洋放牧'。利用有些鱼类回游到淡水产卵孵化

的习性，创造河港中鱼苗生长的条件，鱼苗长成幼鱼自己进入海洋；成鱼又会从海洋回来，正好捕获。我国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲥鱼都属此类。

海业产业的范围还要大得多，包括海带、海藻、虾、贝的养殖业等。我国海水养殖业的海带、海藻、虾、贝的养殖，还是很先进的。1983 年底，我国的海水养殖面积有 280 万亩，按照国际标准产量达 226 万吨，占世界海水养殖总量的 45%，还可以发展。海产品多了，必须发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业。

第五类，沙业产业。我国沙漠和戈壁大约 16 亿亩，和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物。也有小部分干旱地沙漠化了，可以考虑引水灌溉。

目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但只采不种。沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，应该既采又种，提高产量。”[8]

6　第六次产业革命的目标是消灭三大差别

关于第六次产业革命的目标，钱学森还有过两次明确的表述。一次是在 1984 年 3 月 3 日，钱学森在五〇七研究所学术报告会上做的《工业革命的挑战和我们的对策》报告，报告指出：“我们把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集，技术密集的，高效能的大农业体系。农村小城镇化是什么？这就是消灭两个差别。城乡差别、工农差别消灭了，再加上刚才讲的知识的重要性，一个劳动者没有知识恐怕是不行了。所以，我说一个劳动者也是一个专家，他要有很丰富的知识。这个前景是在我们的时代，就要消灭历史上形成的三大差别，而这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国 100 周年时，就实现了。”[4]报告中明确指出第六次产业革命的两个基本内容，即知识密集、技术密集型大农业与小城镇化建设的任务就是消灭“三大差别”。这一目标实现的预定时间就在建国 100 周年，即 2050 年前后。另一次是在 1995 年 3 月 17 日致李振声的信中提到：“我总记得前王任重全国政协副主席讲过的一句话：共产党员嘛，不能只想到五年、十五年，要考虑五十年、一百年！他教导我们要有远见！因此我想对我国农业，不能就为 15 亿人口，要想想中国人口到了 20 亿、30 亿怎么办。也就是(因为)这个原因，这几年来我一直在宣传第六次产业革命。”[5]这里强调了粮食安全、农产品安全也是第六次产业革命的目标。

钱学森对第六次产业革命有着十分坚定的信念，而且从未动摇，愈久弥坚。在 1984 年 4 月 10 日致唐明峰的信中他说：“您说我认为在人民中国建国一百周年，将消灭三大差别，是过于乐观，也许是，马洪同志也说我过于乐观。让事实来证明吧。”[6] 11 年之后，在 1995 年 2 月 28 日致王寿云等的信中他再次提到，“我国在 80 年代初就大力发展乡镇企业就是正确的措施。但在这条正确的道路上还没走完，还要走下去，这就是我国现在的农业问题。这一点应成为全国的共识。走下去，路引向何方？路引向第六次产业革命，消灭城乡差别！”[53]

第六次产业革命的建设目标是什么？钱学森明确提出，第六次产业革命的目标就是要消灭城乡差别、工农差别、脑体差别等三大差别。他提出，“农业和农村(镇集)在我国社会主义建设中所占的位置是非常重要的，怎样看得远一点，是什么方向呢？一是农、林、牧、渔、禽、虫、

微、工九业并举；二是农产品综合加工利用；三是建农村小集镇约万人的居民点。这三条就是走向消灭三大差别。”[54]“建设起知识密集型的农业，很可能会消灭三大差别。首先，城乡差别就没有了，人们主要居住在集镇、居民点，都是文化水平相当高、文化设施齐全的。第二，工农差别也要消灭，因为这些知识密集型的产业生产，其组织的严密性与大工业是一样的。这样，因为知识密集型的产业生产，城乡差别要消灭，工农差别也要消灭，自然会带来体力劳动和脑力劳动差别的消灭。”[8]

工农差别的消失，是指农业不是传统的农业，是利用生物来进行高效益的综合生产的生产体系，是一种产业，农业产业进入第二产业、第三产业，大幅度提高农业人口的人均产值。他说：“要发展农、林、牧、禽、渔、虫（蜂、蚕、蚯蚓……）、菌（食品菌……）、微生物（沼气、单细胞蛋白……）、工（加工业）九业，搞光合作用产物的深度加工，创造出‘第二个农业’、‘第三个农业’。这就能使农业人口人年均产值达到万元以上，也就能在 21 世纪的社会主义中国消灭三大差别。”[55]

城乡差别的消失，是指建设知识密集型农业的主战场不是在比较富裕的大城市，而是在比较贫困的田野、山林、草原、海疆和沙漠区，第六次产业革命将使这些比较落后的地区，通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。钱学森认为，通过走城市和乡村同时建设，城市与集镇、工业和农业协调发展的道路，乡村人口向集镇聚居，各类农业产业的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。农村已经开始盖楼房，还可以盖高一点，少占地面。将来甚至可以是发展到地下建筑，冬暖夏凉，节省空调，又完全不占地面，地上是园林，给人们游乐休息[3]。第六次产业革命必将逐步使我国 75% 以上的人口居住在万人以上的各类城市集镇。万人左右的小城镇最多，然后是小城市、中心城市、大城市、特大城市[56]。

脑体差别的消失，是指第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命后，体力劳动将大大减轻，人们将基本上转入脑力劳动、创造性劳动[57]，其中第五次产业革命最终将消灭体力劳动与脑力劳动的差别[11]。钱学森提出，信息革命的一个与前几次产业革命不同之处似在于直接提高人的智能，将来社会主义中国人大概都要有硕士文化水平[58]。第五次产业革命和科学技术体系的形成造成人-机结合的思维体系，以致要求人人 18 岁达到硕士水平。这是“新人类”了！而社会也将改观、改组[59]。“新人类”要造就“新社会”，脑力劳动者将大大增加，体力劳动者会相对减少[60]。在 21 世纪，人口中从事脑力劳动的将上升，人口中从事体力劳动的会下降[61]。

7 第六次产业革命的任务是产业建设和地理环境建设

第六次产业革命的基本任务包括两个方面，产业方向的建设任务和地理系统建设任务。产业方向的建设任务，是将第三、四、五次产业革命成果向农、林、草、海、沙生产领域渗透、扩散、推广，稳步建立高效合理的农工贸联合经营的产业链与产业网的同时，积极利用生物技术等新技术革命成果，强化生产、丰富生产，建设完整的、与城市产业相吻合的现代新型产业体

系。地理系统建设任务，是指"知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的基地不在城市，而在农村、林区、草原、海边村镇和沙区，这些本来落后的地区，将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区"[17]。第六次产业革命任务的实现，需要综合应用新科学革命、技术革命成果及一切时代积累的先进成果，应用开放的复杂巨系统理论与方法，才能完成建设，可谓任重而道远。

在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业、沙业》手稿中，钱学森第一次将第六次产业革命内容明确划分为五类产业，分别为农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业，可以说，产业建设是第六次产业革命的一项主要任务。其中，"农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，还有副业和工厂生产的工业，是十业并举的农业产业体系"；林业产业基于"我国林业面积可达 45 亿多亩，是农田面积的两倍多。……是林木加工和森林枝叶的利用。……不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气"；草业产业基于"我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有 43 亿亩，……应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。……每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观"；海业产业基于"我国近海有 70 亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为 22 亿亩，是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。……投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年 5000 万吨；……把海洋渔业变成'海洋放牧'；还有海带、海藻、虾、贝的养殖业；……发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业"；沙业产业基于"我国沙漠和戈壁大约 16 亿亩，和农田面积一样大。……沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，应该既采又种，提高产量。"[38]这样的知识密集的农业产业体系的建立"将使中国人民生活得好得多！"

另一方面，第六次产业革命的发展必然是地理环境建设。"知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的基地不在城市，而在农村、林区、草原、海边村镇和沙区，这些本来落后的地区，将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。"[17]这样的地区发展规划与建设课题"实际是开放的复杂巨系统，是地理建设系统工程。"[18]并且，"地球表层为自然系统与社会系统相交汇的大系统，按照结构特点，自下而上共分为四个层次：第一层次，'一个工厂、企业、一个生活区、一片林地、一块农业种植田、一片渔业水面等（即工、农业生产和人民生活的基层单元）'；第二层次，地区。'根据实际情况，相互影响的关系'来确定，'例如长江三角洲'；第三层次，国家层次；第四层次，世界层次。"[19]可以看出，农业型的知识密集产业与地理环境不可分割，从这个意义上讲，地理环境建设也是第六次产业革命的主要任务。

可以说，第六次产业革命是"条条"与"块块"两个层面上的建设。条条是指产业链建设，是社会经济层面的；块块是指区域建设，是地理环境方面的。"农、林、草、海、沙"五业建设既是对"条条(产业链)进行的改造，又是在覆盖整个国土面积的"块块"（区域）上发展的具体产业，所以第六次产业革命是一场兼顾产业发展与地理建设的全方位的革命。当代人类活动对地球表层的变化占据主导地位，因此，在"三大危机"、"三大难题"并发的形势下，即将兴起的、提倡可持续发展的、以人为本的第六次产业革命，对中国和世界的社会、经济、环境等系统，具有根本性和全局性的意义。这无疑将使第六次产业革命成为当代人类的重要研究课题。

8 第六次产业革命的建设时期是21世纪前半叶

作为战略科学家的钱学森，牢记并践行毛泽东“共产党员应是实事求是的模范，又是具有远见卓识的模范。因为只有实事求是，才能完成确定的任务；只有远见卓识，才能不失前进的方向”的教诲，始终注意将战略目标定位在中长期问题上。大量证据证实，钱学森在第六次产业革命理论创建与实践探索过程中，着眼于中国与世界发展大局，将第六次产业革命兴起时期定位于建党100周年，即2021年；将第六次产业革命目标实现期定位于建国100周年，即2049年；在21世纪进一步建设中国式社会主义，向共产主义迈进。

1983—1985年，为钱学森第六次产业革命理论创立时期。在此期间至少6次谈到第六次产业革命目标期，多次将实现目标期定位在建国100周年。1983年11月4日在给曹美真的信中指出：“我想您和您的合作者是否还应进一步把这个思想(注：大农业)发展下去，包括农、林、牧、禽、渔、虫(蜂、蚕、蚯蚓……)，菌(食品菌)、微生物(沼气、单细胞蛋白……)、工(加工业)九业，搞光合作用产物的深度加工，创造出‘第二个农业’、‘第三个农业’……这就是能使农业人口人年均产值达到万元以上，也就能在21世纪的社会主义中国消灭三大差别。”[62]

1984年3月3日所做的《工业革命的挑战和我们的对策》报告中指出：第六次产业革命“这个前景是在我们的时代，就要消灭历史上形成的三大差别，而这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国100周年时，就实现了。”[4]

1984年4月10日致唐明峰的信中指出：“您说我认为在人民中国建国一百周年，将消灭三大差别，是过于乐观，也许是，马洪同志也说我过于乐观。让事实来证明吧。”[6]

在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》一文中，钱学森提到：第六次产业革命的发生“难道不是翻天覆地的变化吗？这难道不是我国在公元2000年翻两番之后，在21世纪再进一步建设中国式的社会主义，向共产主义迈进吗？”[3]

1985年12月31日致李德华的信中指出：“请想想：到建国一百周年，我们要经历一些翻天覆地的变化，而且只用六十多年，这是人类历史所未有的呀！”[63]

在1986年之后，据不完全统计，钱学森共16次从多个方面系统展望21世纪第六次产业革命与产业革命前景，筹谋建设。其中1986—1992年期间，钱学森7次指出，我国应当在建党100周年时，科学技术与工农业生产技术水平进入世界一流水平行列，社会主义总体设计部建立并展示出显著效益。

在1986年10月4日的一封信中提到：“我国的改革和现在正在世界范围内出现的新的产业革命(‘第五次产业革命’)以及在下个世纪将出现的以知识密集型的农业型产业为主导的‘第六次产业革命’，必将逐步使我国75%以上的人口居住在万人以上的各类城市集镇。……所以我们搞城市学要站得高些，看得远些，要看到建国一百周年！”[56]

1988年2月3日钱学森致信孙凯飞时说：“我现在对建国100周年时我国文化水平有以下的不十分清晰的想法：

1. 每一个成年人要有我们两人现在的文化素养，如能达到钱钟书先生那样就更好了。
2. 要使老年人自叹不如年青人的文化水平而不断努力学习，要下一代胜过上一代！

3. 达不到上述两条，就不能进入社会主义的更高阶段。”[64]

1989 年 10 月 3 日钱学森致信朱光亚说：“近读《回顾与展望》后，感到我以前提的出文集讲在我国搞大规模科学技术和研制工作的经验，即总结国防尖端技术的经验，已经不够了。我们需要的写一本讲社会主义初级阶段科技工作的书。这王寿云同志已向您报告了。

这几天我在江泽民同志《庆祝中华人民共和国成立四十周年大会上的讲话》的启发下，认为以上提的这件事深远意义为：

（一）邓小平同志指出‘科学技术是第一生产力’，是一个重要的原理，是马克思主义的一个重大发展。我们要按照这个原理来建设我们的社会主义初级阶段。

（二）所以可以考虑这样一个总目标：到建党 100 周年，我们生产技术水平和生产组织水平要是当时世界第一流的。‘科技兴国’！

（三）要达到这个目标，当然要自力更生为主，争取外援为辅，跨大步跃进，绝不能一步一步爬，这样搞，我们是干过的，即‘两弹一星’的研制工作。

根据以上三点，写这本书的意义就更深刻了，这将是探讨建设中国社会主义的理论的书。”[65]

钱学森在 1989 年 10 月 4 日致《技术经济》编辑部的信中说：“在建党 100 周年之际，我国工农业的生产技术要是当时世界第一流的水平。这当然要敢于跨越进步，不能一步一步爬！中国人是能这样干的：五十年代后期开始的两弹卫星工作，在党中央的领导下，在周恩来同志和聂荣臻同志的指挥下，我们中国人不是干过，而取得成功吗？”[66]

在 1989 年 11 月 21 日致中国人民政治协商会议全国委员会科技委员会的信中，钱学森说：“到 21 世纪的总体规划。首先要看到我国的起点不高（见复制的《25 个名列前茅的国家和地区》），我们要奋起直追。我建议树立一个建党一百周年的目标：我国工农业生产技术的水平要是当时世界先进行列的。”[67]

1990 年 11 月 7 日致信孙凯飞说：“要树立我国的科学技术体系的思想。在七八十年后，也许到建国 100 周年，我们该有以下全国最高学术院的体系：

中国科学院——哲学院，中国自然科学院，中国社会科学院，中国数学科学院，中国系统科学院，中国地理科学院，中国人体科学院，中国文艺理论院，中国思维科学院，中国行为科学院，中国军事科学院……

中国科学院设院士，其它各院设学部委员。各院领导，即院长、副院长，所长……不能脱离社会实际，因为我们搞学术研究是为了建设社会主义，为了走向共产主义。

总之，要认真总结经验教训，迎接光辉的 21 世纪！以上请教！

又：建立科学技术和知识体系的思想非常重要，现在的混乱，与此不无关系！”

之后，在 1992—1996 年期间，则 8 次明确指出第六次产业革命的全面建设时期及多次产业的联合建设高潮期，发生在建党 100 周年时。如：1992 年 9 月 2 日致于景元：“（一）现在人们在总结我国四十余年社会主义建设的经验与教训之后，终于悟到社会主义建设是一项极为复杂的系统工程，而且认识了邓小平同志是我国新时期社会主义建设的‘总设计师’。

那我们就可以说：根据‘两弹一星’的实践经验及周恩来总理要把经验扩展到其他社会领域的教导，我们一定要建立中国社会主义建设的总体设计部。中国社会主义建设总体设计部是为‘总设计师’服务的，是在‘总设计师’指导下工作的。这是我们的理论根据。这正如 A. Einstein广义相对论的理论根据是运动的时空相对性。（二）这是大道理，我看一般人是难

以理解的。A. Einstein 的广义相对论只有到实测星光在引力场中弯曲完全符合理论预见时，才转变看法，认可广义相对论。说服群众要靠实绩。那我们的总体设计部、定性到定量综合集成法、定性到定量综合集成研讨厅这一大套创世纪的思想也只有当我们的社会主义建设总体设计部能设计出并经实践证明中国新时期的社会整体发展年增率不是 6%，也不是 9%，而是 15%或者更高时，广大群众才会认可我们的理论。这大概是建党一百周年了！但此前景是十分明确清楚的！”[69]

1992 年 11 月 18 日致王寿云：“我说的第六次产业革命也要作为一个大项目组织全国力量进行研究。估计到建党 100 周年就将在我国全面铺开。”[70]

1992 年 11 月 25 日致田纪云：“我认为社会主义中国是中国共产党领导的，我们是以历史唯物主义武装起来的，我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到 21 世纪，看到建党 100 周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命做准备。”[44]

1995 年 1 月 6 日致包建中：“什么时候第六次产业革命会来临？目前只有些苗头，如华西村等。我估计第六次产业革命的兴起，将在 21 世纪的社会主义中国，建党 100 周年。”[71]

1995 年 5 月 7 日致吴廷嘉：“我和我的合作者称现代中国的由中国共产党第一代领导人所领导推动的革命为现代中国的第一次社会革命。自党的十一届三中全会到现在的革命为现代中国的第二次社会革命。现代社会的第一次社会革命重在推倒压在中国人民身上的三座大山，使中国能自主的走自己选择的道路。但看来‘黄土板结’的几千年旧债不能一时还清。所以又有现在的现代中国的第二次社会革命。这次社会革命就是要比较彻底扫除传统社会的旧账，走向 21 世纪。社会主义中国要进入‘世界社会形态’。这次现代中国的第二次社会革命能在建党 100 周年完成吗？‘黄土板结’能在 2021 年打破吗？这就在于我们对‘黄土板结’的认识了。”[72]

1996 年 7 月 21 日致钱学敏：“大成智慧是我们近年来工作的核心，第五次产业革命和科学技术体系的形成造成人-机结合的思维体系，以致要求人人 18 岁达到硕士水平。这是‘新人类’了！而社会也将改观、改组，这一点一定要宣传好！中国共产党领导的社会主义要领先开步走上这条大道，能不能在建党一百周年开始？这才是头等大事！”[59]

1996 年 9 月 30 日致黄顺基：“‘新产业革命在中国’是指信息革命所引起的产业革命，即第五次产业革命。我国现在推进的两个转变，‘邯钢经验’等都还是发达国家早在本世纪初前后的第四次产业革命。以农业产业化为龙头的第六次产业革命，在我国将出现于 21 世纪初。”[73]

从上述材料中可以看出，第六次产业革命的兴起、建设与完成是一个中长期的历史过程。钱学森在 20 世纪 80 年代创立第六次产业革命理论时就多次提出，创立农业型知识密集型产业要完成于 21 世纪，是作为 60 年的工作来看待，近 20 年只是准备时期而已。以农业产业化为龙头的第六次产业革命，在我国将出现于 21 世纪初[73]。到建党 100 周年时，第六次产业革命将在 21 世纪的社会主义中国兴起，我国工农业的生产技术要是世界第一流的水平[66]，我们的生产技术水平和生产组织水平要是世界第一流的[65]。到建国 100 周年时，就要消灭历史上形成的三大差别，这个事情在我国是看得见的[4]，我们要经历一些翻天覆地的变化，这是人类历史所未有的[63]。

第六次产业革命的兴起、建设与完成是一个长期的过程，是由目前我国社会经济发展水平

和第六次产业革命的基本任务决定的。钱学森在提出产业革命理论时，多次提出当时我国正处于第四次产业革命补课的阶段，而第五次产业革命正在兴起。第五次产业革命的兴起推进将为第六次产业革命提供一个坚实的基础，目前电子计算机信息网络在深刻地影响和改变着社会生产，第五次产业革命正在推进扩展中，而第六次产业革命的任务艰巨，对象复杂，目前人们的认识不足，积累的经验认识有限，所以它的完成需要一个长期的过程。“可能在建党100周年的时候，……改革开放建立社会主义市场经济的社会革命将会完成了。再下去呢？实际情况好似第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命相继到来。”[74]

三、第六次产业革命的理论体系

9 创造生产力与第六次产业革命

(1) 革命是人类社会活动进程的飞跃

钱学森十分重视人类社会发展中出现的革命现象，认为这是人类社会活动中的客观存在。他指出："革命就是事物发展过程中出现的飞跃。"[5]"人类社会活动的进程是曲折的，有时前进，有时停滞，有时又飞跃。飞跃就是革命，这是符合马克思主义基本观点的，任何事物的发展都是如此。"[4]"'革命'是指发展中的飞跃变化，不是渐进的'逐步'或'革新'。"[75]这种飞跃是人类社会发展活动中的客观存在，是人类社会的发展规律。他十分重视这种革命现象，指出："渐进演变固然能启发人，但急骤飞跃能发人深省。"[76]

钱学森 1984 年 3 月 3 日在五〇七研究所学术报告会上所做《工业革命的挑战和我们的对策》报告中首次明确地提出了科学革命、技术革命、产业革命和社会革命概念，并随后在 1984 年 3 月 10 日中共中央和国家机关六部门联合举办的"新技术革命知识讲座"上做的《关于新技术革命的若干基本认识问题》的报告中，再次提出可以从四个方面来认识人类社会活动的发展规律：一个是人认识客观世界的飞跃，这可以叫做科学革命；第二方面是人们改造客观世界的技术飞跃，这就是技术革命；再有一个就是社会制度的飞跃，这是社会革命；第四个方面是生产体系在组织结构以及经济结构方面的飞跃变化，叫做产业革命[10]。这两篇报告，是关于四大革命的经典文献，首次集中地、全面系统地论述科学革命、技术革命、产业革命和社会革命，明确了他们的概念和相互之间的关系，这是钱学森四大革命思想的集中展现。

在上述两次报告及其后的信件中，钱学森多次论述这四大革命之间的关系，指出这四大革命是相互作用、相互关联的。他提出：科学革命和科学进步是技术革命的先导[75]；新的技术革命必然会引起生产体系的组织结构和经济结构的变化[10]；技术革命也只是影响生产力，还不是社会形态的飞跃，即社会革命[77]；科学革命和技术革命都不能直接引起生产力的突变，还得靠经济结构的改造，即产业革命[78]；产业革命区别于科学革命、技术革命，是经济的社会形态飞跃[79]，比科学技术革命概念深刻多了[80]；在社会制度不变的前提下，会有产业革命[10]；着重于经济方面是经济的社会形态（这是马克思用过的词，见《资本论》一卷德文版序言，后来其他

译本搞乱了);着重于政治方面是政治的社会形态;着重于思想意识方面,是意识的社会形态,这样上层的变革都是'社会革命',也可以细分为三:经济的社会形态的飞跃是产业革命,政治的社会形态的飞跃是政治革命(政治制度的根本变革),而意识的社会形态的飞跃是文化革命[15]。概括起来,即科学革命、技术革命可以引发促进和推动形成产业革命;产业革命区别于科学革命、技术革命;产业革命是社会革命的一个侧面,隶属于社会革命;产业革命与社会革命有相互推动作用。

在四大革命中,产业革命具有独特而重要的地位。钱学森在马克思、恩格斯关于产业革命阐述的基础上进一步阐明了产业革命的概念,他认为产业革命"这是很重要的概念。为什么?因为这是认识我们面临的问题的一个重要方面,不是个别的,局部的变化,而是整个生产体系组织结构和经济结构的飞跃,我们还是要用产业革命这个词。……根据历史唯物主义的基本概念,就是生产力与生产关系,经济基础与社会上层建筑的关系,由于生产力的发展,相应的生产关系、上层建筑必然有变化。这个变化体现在生产的组织结构和经济结构的飞跃。这就是产业革命,按照这样的概念来追溯历史,除了 18 世纪末以来的几次产业革命以外,人类历史上至少还出现过两次产业革命。"[4]"我近年来一直在考虑科学革命、技术革命、产业革命和社会革命这四个革命的问题,而这四种革命的概念之中最难的是产业革命。"[9]正是从对产业革命的这一重要认识出发,钱学森概括总结出人类社会历史上发生过的四次产业革命,准确推断出正在发生的第五次产业革命,预测即将发生的第六、第七及第八次产业革命。

(2) 科学技术进步是推动产业革命的基本动力

科学技术是第一生产力,科学技术进步是推动产业革命的基本动力。钱学森在提出四大革命概念之初就指出"生产体系组织结构和经济结构飞跃起源于一系列技术改进或技术革命引起生产力的巨大发展"[4]。在 1992 年 11 月 25 日致田纪云的信中说:"产业革命是生产技术引起的生产力大发展,从而引起一场经济结构的大变化,最后导致社会结构的飞跃。"[44]由此看出产业革命的基本动力就是科学技术进步,由此引起生产力的发展和经济结构的变化,即产业革命。

相应地,科学革命和技术革命导致的科学技术的进步和飞跃,会引起和推动产业革命。钱学森认为:在古代,人对客观世界的认识只表达为由总结实践经验所得的感性知识,知其然,不知其所以然。这时现代意义的科学还未出现,所以在古代是实践经验引发技术革命。在西方世界,16 世纪的"文艺复兴"运动引出了现代意义的科学,即人对客观世界的理性认识。科学发展到一定阶段,出现飞跃,即科学革命[39]。在今天,科学革命在先,然后导致技术革命,最后出现产业革命[39]。先有科学革命,然后有技术革命,而科学革命、技术革命又会引起全社会整个物质资料生产体系的变革,终于引起经济的社会形态的飞跃——产业革命[81]。近代科学出现后,科学技术的飞速发展,大大推动了产业革命的发展进程,科学技术作为产业革命的基本动力作用更加显著,已经成为现代社会发展进步的重要推动力量。

关于科学革命这个概念的由来和内涵,钱学森有详细的论述。他说:"人认识客观世界也是不平坦的,有曲折的。人类认识客观世界的飞跃叫做科学革命,这个词借用于美国哲学科学家托马斯·库恩的《科学革命的结构》一书,……借用他的'科学革命'这个词,就是指人认识客观世界的飞跃。"[4]钱学森借用"科学革命"一词,给它以马克思主义的解释。他认为科学革命是人认识客观世界的飞跃这个概念是符合马克思主义哲学的,合乎辩证唯物主义的,并列举一

些例子:在16世纪,西方国家出现的所谓日心说在当时是人认识客观世界的一个飞跃,是一场科学革命;到17世纪,牛顿力学的出现,正确地解释了运动的规律,这是人认识客观世界的又一次革命;后来,拉瓦锡推翻了"燃素说",建立了"氧化说",也是一次科学革命;到19世纪恩格斯指出的三个划时代的科学发现——细胞的发现、能量的转换、生物的进化,都是科学革命;再往后,就有电磁场理论,把电和磁结合起来,这也是人认识客观世界的飞跃;到上世纪初,这类飞跃更多,比如巴甫洛夫的心理学、相对论、量子力学、量子场论,这些都是科学革命。这些例子说明:科学革命就是人认识客观世界的飞跃[4]。当然,人认识客观世界,不仅限于自然界,社会科学里面也有科学革命。在19世纪中叶,就有两次社会科学方面的科学革命,都是马克思创立发展的。一次是马克思提出并建立了历史唯物主义;紧接着,马克思又提出了剩余价值学说。这两次科学革命,都是人对自己的社会的认识的飞跃[10]。"我所谈的这些,无非是举例说明这个概念,不是讲科学史,有的事例是否妥当,还可以再斟酌研究。"[4]由上述论述可以看出,四大革命中的科学革命概念是清晰的,是对科学发展规律的正确认识。

同样,对于技术革命,钱学森亦有明晰的表达。他提出:技术革命就是人改造客观世界技术上的飞跃,从远古历史上看,也有技术革命。远古时期,人开始学会制造和使用石器,这在当时对于人改造客观世界是了不起的大事。所以,在历史上也是一次技术革命。后来,火的利用也可以说是一次技术革命[10],铜器的出现、铁器的出现[82],还有许多许多。到了近代,蒸汽机、内燃机的出现,化学工程(化学用到生产上)、电力、无线电、通信传输、航空技术的出现,都是技术革命。最近,20世纪中叶,技术革命出现越来越快,成群地出现,新的技术革命群包括很多内容:电子计算机、遗传工程、激光技术、核技术、航天技术、海洋工程等等都是新的技术革命,是技术革命群。在新的技术革命里,还应增加一个内容,即系统工程,人学会怎么来组织管理复杂的人为系统。这是了不起的事。过去没有很精确的科学定量的方法,而现在有了。从不精确到精确,从不定量到定量,从简单到很复杂的系统,这确实是人改造客观世界技术上的飞跃[4]。

同时,钱学森也明确提出技术革命与产业革命的区别:"但生产技术的飞跃还不一定引起生产结构的飞跃,以及经济的社会形态的飞跃,只有后者才是产业革命。"[82]"'技术革命'也只是影响生产力,还不是社会形态的飞跃,即'社会革命'"。[77]

(3) 产业革命是经济的社会形态的飞跃

关于社会革命,钱学森从社会形态角度来认识,并区分出产业革命、政治革命和文化革命。人类社会是一个复杂巨系统,从宏观角度来看社会系统,社会形态的最基本方面有三个,就是经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态。社会形态的三个侧面相互联系、相互作用、相互影响,从而构成一个社会的有机整体。社会革命可以由不同侧面所引起,而且具有不同性质。他在一封信中说:"我近年来总想研究世界应以人类的结晶——马克思主义哲学来指导,所以除科学革命和技术革命这种屡有发生的人认识和改造客观世界的突变外,还有社会形态的飞跃。这是宏观高层次的了,可称之为社会革命。社会革命因涉及社会形态的不同侧面,又可分为三类:产业革命、政治革命和文化革命。"[83]"经济的社会形态的飞跃是'产业革命',政治的社会形态的飞跃是'政治革命',意识的社会形态飞跃是'文化革命'。"[77]从社会形态的角度来认识社会革命,可以清晰地区分出产业革命和政治革命,进一步明确了产业革命是经济的社会形态的飞跃。

产业革命和政治革命同为社会革命的一类，既相互区别又相互联系。钱学森在一封信中说："产业革命是经济的社会形态的飞跃，并不直接就引起政治的社会形态的飞跃或意识的社会形态的飞跃，有很大影响是当然的，但不一定就是飞跃、是革命。"[82]"社会革命是社会制度的飞跃，是谁当家做主的问题。"[9]"从原始公社的公有制崩溃到奴隶社会私有制的产生，这是一次社会制度的大变革，是飞跃，是一次社会革命。就是在私有制的前提下，也有社会制度的大变革，比如从奴隶社会到封建社会，又比如从封建社会到资本主义社会。社会主义制度的建立又是一次社会革命，再一次确立了公有制。"[8]他明确了产业革命和社会政治革命的区别，指出产业革命并不直接引起政治革命和文化革命，不等同于社会制度的变革，同时他们之间又有很大的影响和联系。

关于产业革命对社会主义制度的影响，钱学森在 1984 年提出四大革命时就明确指出："社会主义制度下的主要矛盾还是生产力与生产关系、经济基础与上层建筑之间的矛盾。这种矛盾引起的生产关系和上层建筑的变化并不是什么社会革命。我们在社会主义社会，就是将来在共产主义社会，生产还是要发展，科学技术还是要进步，科学革命、技术革命、产业革命还是不断会有的。生产力的发展也还是会引起生产体系的组织结构和经济结构的变化。仅仅是生产体系的组织结构和经济结构的变化，还不能够说就等于社会制度的变革，因为社会制度的实质基本上就是这个制度是为谁服务的。"[4]这为我们在社会主义制度下搞产业革命坚定了信心。

钱学森在 1996 年 8 月 11 日致钱学敏、涂元季的信中提出人类历史上有三次大的社会革命。他说："人类历史上有三次大的社会革命。第一次产业革命引发了人类的社群组织，这是一次社会革命。这种社会性质到第二次产业革命，出了封建社会，规模扩大了，但没有本质的区别。所以这一段几千年的历史可以说是人类社会的第一个时代。真正改造了社会的是第三次产业革命，出现了资本主义制度。接下去到了第四次产业革命，只是资本主义经济扩大了规模，没有本质的改变。这可以说是人类社会的第二个时代。这样看现在已经开始的第五次产业革命是划时代的，它也促进了第六次产业革命和改造人体以适应社群需要的第七次产业革命；这才是人类社会的第三个时代！我们要研究如何迎接这个新时代！"[35]第五次产业革命对人类社会的发展有划时代的意义，为第六次和第七次产业革命奠定了基础，并将引领人类社会走向第三个新时代。

(4) 现代中国即将面临第三次社会革命

钱学森在 1994 年 1 月 2 日致王寿云等的信中对现代中国即将面临的第三次社会革命做了总体的设想。他指出：在社会主义中国的 21 世纪，第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命结合起来，将引发新的一次社会革命，第三次社会革命。这次社会革命也包括了一次政治体制的革命，其中核心内容是弱化政府的直接管制，强化人民自己各种组织的作用。也包括一次文化革命，科学技术和文学艺术队伍大大加强，每一个人既是体力劳动者又是脑力劳动者，既是科技人员又是文艺人。这次社会革命生产力的创新也将是史无前例的，是一次创造生产力的革命[11]。这是钱学森对现代中国即将面临的第三次社会革命中的产业革命、政治体制革命、文化革命的总体设想。

在同一封信中，他指出："现代中国的第一次社会革命是解放生产力的社会革命。它是以毛泽东同志为核心的第一代领导人，在贫困落后的中国，推翻了三座大山，建立了社会主义新

中国。现代中国的第二次社会革命是发展生产力的社会革命。它是以邓小平同志为核心的第二代领导人，开创了现代中国的改革开放事业，以江泽民为核心的第三代领导人继续下去，建立社会主义市场经济体制。可能在建党100周年的时候将会完成。再下去呢？30年后，要头脑清醒认识前进的道路，可不要再重复在现代中国第一次社会革命后期思想僵化、脱离实际的错误！我们要解放思想、实事求是，认识到第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命相继到来，这是现代中国的第三次革命！现代中国的第三次社会革命是创造生产力的社会革命。"[11]这是钱学森对现代中国第三次社会革命开始时间的推断。

在另一封信中，钱学森提出现代中国第三次社会革命的总目标应该是："通过第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，使社会主义政治文明建设、社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义地理建设协调发展，并且要求做到小问题在宏观调控中限日解决，大问题的宏观调控也不出一个月就解决。""现代中国的第三次社会革命将消灭三大差别，叩共产主义的大门。第五次产业革命最终将消灭体力劳动与脑力劳动的差别。第六次产业革命的社会后果是消灭工业与农业的差别、消灭城乡差别，农村、山村、渔村等都改造为小城镇了。那么这三次产业革命在21世纪将消灭人类历史上形成的三大差别"[11]。这是钱学森对现代中国第三次社会革命的总目标的设定，指出是在为共产主义作准备。

在同一时期的其他几封信中，钱学森对现代中国第三次社会革命的前景进行了展望。他说："到了现代中国第三次社会革命，社会主体将有飞跃变化，信息网络把人都紧密联在一起了，每一个人一方面能更充分发挥他的作用，而另一个方面又能更好地协同，在一体化的社会主体中工作。社会主体的更加一体化，社会主客体的更加一体化，是在叩共产主义的大门！"[84]"社会主义就是要一步一个脚印地走向人类大同的共产主义，因此首先要不断地发展生产，同时按生产力的提高，逐步提高人民的物质生活和精神生活，为共产主义作准备。这就要求我们坚决地去认识世界和改造世界，客观的世界和主观的世界，不断地提高我们的能力。"[85]"我们必须在我们中国进行第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，使中国人的智力大大提高，使中国的全部现代科学技术有很大的提高，使中国的生产力在全世界领先。"[86]在展望第三次社会革命前景的同时，钱学森明确提出"下一步社会主义的奋斗目标：现代中国的第三次社会革命，走向共同富裕。"[85]

10 产业革命理论与第六次产业革命

(1) 产业革命是生产力发展导致的生产体系组织结构和经济结构的飞跃

1984年3月3日，钱学森在五〇七研究所学术报告会上所做《工业革命的挑战和我们的对策》报告中明确提出了产业革命概念，他说："产业革命是由生产力的发展所导致生产体系的组织结构和经济结构的一次飞跃。联系到到现在的所谓'第三次浪潮'也好，所谓'第四次工业革命'也好，或者我们说的新的技术革命也好，不能不提出这样一个问题：新的技术革命群的出现，会不会再一次引起生产体系的组织结构和经济结构的飞跃？如果会的话，这是不是也是一次新的产业革命？根据历史唯物主义的基本概念，由于生产力的发展，相应的生产关系、上层建筑必然会有变化。这个变化体现在生产的组织结构和经济结构的飞跃，这就是产业革

命。”[4]这是钱学森首次在正式场合明确地提出产业革命的概念，并提出了人类社会历史上的产业革命历程。

根据产业革命这个历史唯物主义的概念，钱学森提出人类古代历史中就有产业革命。在同一次报告中，他说：“除了18世纪末以来的几次产业革命以外，人类历史上至少还出现过两次产业革命。第一次是原始公社开始出现农牧业（农业、种植业、畜牧业），人可以有所作为，整个生产体系发生很大变化。……往后，……由于奴隶社会的发展，生产力有所提高，生产不仅为奴隶主消费，而且也作为商品交换，生产组织结构是一次大的变化。商品生产的出现也是一次产业革命。……在19世纪末20世纪初，垄断资本主义生产方式体系的出现，是不是也是一次产业革命？……整个生产体系的组织结构和经济结构的变化跟自由资本主义时代一个一个工场主的生产关系是很不一样的，从刚才所说的产业革命的概念看，是不是可以说在19世纪末20世纪初也出现过一次产业革命那一方面的变化，这是很重要的一件事。”[4]在随后1984年3月10日的另一次报告中，他说：“在古代历史中就有产业革命。一次是在原始公社时期，农业种植业和畜牧业的出现，大大改变了人完全靠采集或猎取自然界的动植物产品而生活的生产体系，人类部分地控制了生产。由此生产体系出现了飞跃。所以，农牧业的出现是一次产业革命，可能是人类历史上的第一次产业革命。如果这是人类历史上的第一次产业革命，那第二次产业革命可能是在奴隶社会中，当商品生产，也就是为交换而生产开始出现的时候，这也是一次生产体系组织结构和经济结构的飞跃。这样说，18世纪末、19世纪初的那次产业革命应是人类社会所经历过的第三次产业革命了。”[10]

随后的信件和报告显示，钱学森对产业革命及其发展历程是个不断深化认识的过程。在1984年9月17日的一封信中，他提出：“我以为产业革命就是经济的社会形态的飞跃。”[87] 1984年12月23日，在中国农业科学院第二届学术委员会上的报告《第六次产业革命和农业科学技术》中，进一步明确提出：“如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。”[8]他指出，人类历史上产生过五次经济的社会形态的飞跃，并即将产生第六次飞跃，分别为：(1)第一次产业革命后形成的农奴生产方式；(2)第二次产业革命后形成的小农经济生产方式；(3)第三次产业革命后形成的独立小工厂生产方式；(4)第四次产业革命后形成的国家规模联厂生产方式；(5)第五次产业革命后形成的跨国连厂生产方式；(6)第六次产业革命后形成的国家集团生产方式[88]。这是从经济的社会形态角度来认识产业革命及其发展历程。

(2) 历次产业革命都对人类社会发展和社会形态产生了重大影响

古代历史就有产业革命，在人类社会历史上已经出现过四次产业革命，正在经历第五次产业革命，并即将发生第六次产业革命。每次产业革命都对社会产生深刻影响，经济的社会形态都发生了重大变化，对人类社会的发展都产生了深远影响。钱学森关于前五次产业革命的主要论述有：

第一次产业革命是农牧业的出现和兴起，即农业革命。在一万年以前的原始公社时期，人从完全依靠采集和猎取自然界的野生果实和动物产品而生活的生产体系，转入了发展农业和牧业。农业生产和畜牧业生产的出现，大大改变了人类完全依靠采集或猎取自然界的植物产品和动物产品而生活的生产体系，人类自己也能至少是部分地控制生产了。人开始不完全依靠自然，有了一点主动权，靠自己的劳动来控制生产，由此生产体系形成了飞跃[8]。所以，农牧

业的出现是一次产业革命，可能是人类历史上的第一次产业革命。这在中国，可能是七千年前的事了[10]。

第二次产业革命是商品生产的出现和发展，即商业革命。可能在奴隶社会中，第一次出现商品生产，也就是为交换而生产。有了商品交换，生产者就不光是为自己的消费而生产了。从完全为自己消费的生产，开始为交换而生产，就是商品生产，这对生产关系是一个很大的发展。大约在三、四千年以前，出现了商品生产和商品交换，这是社会生产、社会经济、社会组织等方面又一次质的变化[89]。这也是一次生产体系组织结构和经济结构的飞跃，因而也是一次产业革命。这次产业革命在中国大约出现在公元前一千年，也就是三千年前，中国的奴隶社会里[10]。

第三次产业革命是大工厂的出现，即工业革命，发生在 18 世纪末的英国。是在英国的资产阶级夺取了政权以后，才出现产业革命的[8]。是由于蒸汽机和大工厂生产的出现引起的产业革命，是社会革命促使了产业革命的出现[90]。

第四次产业革命是集团化大规模（跨国）企业的出现，国家以至跨国大生产体系的建立和形成，这在 19 世纪末、20 世纪初[91]。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，建立起现代化大生产的组织管理方法，构筑起现代化大生产体系的组织结构和现代化大生产的经济结构。这不是一个个单独的生产工厂，而是一个全国性的生产体系，而且有国际交往，是个开放的体系，面向全世界的[10]。

第五次产业革命是信息革命，是由电子计算机、信息组织起来的生产体系[92]。这次革命将通过全球信息网络把全世界的人，不论东方、西方，不论大国小国，最终都联结起来，就如同面对面相谈。不但如此，一切从古代开始直到今日的一切知识信息也都在网络库中随时可以调取。这是通过信息网络、通过电子计算机、搞人机结合的大社会思维。这也就是人机结合的大成智慧思维[92]。第五次产业革命的核心就是信息问题。所谓电子计算机以至于第五代智能计算机，是有智能的能力，这些都是由于信息的重要性所提出来的一系列问题，将会有一个翻天覆地的变化。尤其是对我们国家来讲，即将来临的第五次产业革命对我们的冲击是很大的[8]。

对于在我国进行的产业革命历程，钱学森也做过论述。他说："中华人民共和国成立后才真正开始迟于西方二百年的产业革命。在这之前，我国虽有一定的工业力量，但不属于第三次产业革命的范畴，因为说不上有大工业。真正大工业的建立还是建国以后的事情。"[89]"对于上一次的，即 19 世纪末、20 世纪初的那一次生产体系的变化，或者叫产业革命，即第四次产业革命，我们要补课；要实现即将到来的这一次生产体系的变革，就是新的技术革命群可能带来的变化，即第五次产业革命，我们要带头研究、抓紧研究，尤其要注意日本；"[38]"而且，我们作为中国人还要预见到更下一次的、由于我国农村的变化所可能引起的一系列的生产体系的组织结构、经济结构的变化。"[10]这就是指即将发生的第六次产业革命。钱学森在产业革命概念和历次产业革命历程的基础上，率先预测提出第六次产业革命。他指出：第六次产业革命是高度知识和技术密集的大农业，是农、工、商综合生产体系，可能出现于 21 世纪的社会主义中国[91]。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命做准备。

(3) 第六次产业革命将推动我国奔向中等发达国家

第六次产业革命是我国农业和农村的发展趋势和方向。钱学森说："现在建设有中国特色

的社会主义,实施社会主义市场经济,为什么农业成了全国关注的大问题?我们要讲清楚,在历史上凡是一个国家从只有第一产业转向第二产业兴起,农业这第一产业由于劳动生产率比较低,都受冲击,以致大大削弱。今天的发达国家无不对农业有国家补贴。"[7]"我国农业面临的大问题是用现代市场经济及现代科学技术改造传统农业,这实际上是农业产业化,即我国的第六次产业革命。"[93]"我国在80年代就大力发展乡镇企业就是正确的措施。但在这条正确的道路上还没走完,还要走下去。走下去,路引向何方?路引向第六次产业革命,消灭城乡差别。"[7]

钱学森描绘了第六次产业革命的美好蓝图,指出第六次产业革命主要在农村进行。他说:"农业和农村在我国社会主义建设中所占的位置是非常重要的。"[54]"在中国农村里,现在发生了天翻地覆的变化,是不是在酝酿着一次21世纪的产业革命?那就是农村的生产要素要变成一个高度知识密集的、技术密集的、高效能的大农业,综合农业体系。直接从事于种植业的那只是人口的少数,这将会变成什么样呢?农村大概变成小的城镇、小集镇,一个小集镇可能是几千人到万把人。这个趋势有的省已经出现了,这么发展下去,不要很久,到本世纪末,中国的农业实际上是大农业。"[4]"而这样的变化,必然要引起农村小集镇化,就是居民集中起来,变成是万把人左右的一个一个的点。在这里进行综合生产,农田在它们的周围。当然,直接用到农业方面的劳动力只是几分之一,多数是搞加工的。现在实际上祖国大地上已经出现了这种事例。就全国的情况看,在我们建国一百周年的时候,即2049年,离现在还有65年,这恐怕就要在全国范围内变成现实了。"[10]第六次产业革命在全国的实现,将对我国农业、农村的发展产生深远的影响。

第六次产业革命的实现将推动我国城乡一体化建设。钱学森说:"第六次产业革命的主战场不是在比较富裕的大城市,而是在比较贫困的田野、山林、草原、海疆和沙漠;而且发展这种知识密集产业是要大量投入的。"[94]"在农村、林区、草原、海边村镇和沙区,这些本来落后的地区,将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。"[17]"我国的改革和现在正在世界范围出现的新的产业革命('第五次产业革命')以及在下个世纪将出现的以知识密集型的农业型产业为主导的'第六次产业革命',必将逐步使我国75%以上的人口居住在万人以上的各类城市集镇。万人左右的小城镇最多,然后是小城市、中心城市、大城市、特大城市。而这又构成一个密切协作的体系。他们之间有高度发达的交通运输网和邮电信息网。"[56]第六次产业革命的实现,将消灭工农差别、城乡差别,深刻地改变农村、牧区面貌,提高人民的生活水平。

第六次产业革命的实现将推动我国奔向中等发达国家。钱学森指出:第六次产业革命是件大事,它不但会促进我国奔小康,而且将在21世纪推动我国奔向中等发达国家[95]。社会主义中国是中国共产党领导的,我们是以历史唯物主义武装起来的,我们要在总结历史经验的基础上,有远见之明,看到21世纪,看到建党100周年!所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展,看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命[44]。实现第六次产业革命是个探索,可能要三、四十年[49],非一朝一日之功。再过30年、50年,实现了第六次产业革命,这将就是社会主义中国进入中等发达国家的农业,是新时代的农业[93]。通过第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命,使社会主义政治文明建设、社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义地理文明建设协调发展[23]。即具有高度社会主义物质文明和高度社会主义精神文明的社会。这样的社会现在世界上还未出现。我国将在21世纪中叶实现它[20]。

11 地理科学与第六次产业革命

(1) 地理科学是开放的复杂巨系统

钱学森在完成产业革命学说与第六次产业革命理论创建的同时,积极进行地理科学理论创新工作。从1983—1999年期间钱学森关于地理科学的讨论信件至少有125篇,1994年浙江教育出版社出版他的《论地理科学》著作,这标志着地理科学理论的成熟。

"地理科学的研究对象就是地球表层[96]。地球表层指上界以对流层的高度为限(极地上空约8公里,赤道上空约17公里,平均10公里),下界包括岩石圈的上部,陆地上约深5～6公里,海洋下平均深4公里之间的部分。为自然系统与社会系统相交汇的大系统。按照结构特点,自下而上共分为四个层次:第一层次,"一个工厂、企业,一个生活区,一片林地,一块农业种植田,一片渔业水面等(即工、农业生产和人民生活的基层单元)";第二层次,地区。"根据实际情况,相互影响的关系"来确定,"例如长江三角洲";第三层次,国家层次;第四层次,世界层次。每一层次的"工作任务都不尽相同,管理的方针也因此要有区别"[19]。

1993年钱学森思考地理科学研究与建设对象时指出:"近来注意《中国科学报》二版上的关于地区规划研究课题的报道,深感问题复杂,涉及自然地理、经济地理、人文地理、农业建设、工业建设、交通建设、通信建设以及水利工程、水土保持等等。所以实际是开放复杂巨系统,是地理建设系统工程。"[18]

钱学森说:"地理科学是开放的复杂巨系统"[21],"地球表层一方面接受从地球以外传来的光和其他各种波长的电磁波,另一方面又从地球表层辐射红外线;此外还有天体运动产生的引力作用;还有各种外来的高能粒子、尘埃粒子、流星,高层大气也有分子溢出。地球表层还接受地球内部运动的各种影响,以及地磁场的影响等。第二,它是巨系统,就是子系统成亿、上百亿、上万亿、上亿亿。第三,它是复杂的巨系统,就是子系统的种类非常之多。人是一种子系统(单一的人个体就是一个开放的复杂巨系统),还有种类繁多的植物和动物、山山水水,以及地下矿产等等。这就形成一个特点,即这个'开放的复杂巨系统'的内部层次、结构多变,而且我们很难分清、确定,今天你看是这样,再过一天又不是这样。这就给我们研究分析地理系统这种'开放的复杂巨系统'造成很多困难。"[97]因此,对待当代地理科学问题就必须用开放的复杂巨系统方法来研究它,解决它,即用从定性到定量的综合集成方法。

(2) 第六次产业革命任务之一是地理系统建设

第六次产业革命建设任务之一就是进行地理系统建设。钱学森说:"知识密集型农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业的基地不在城市,而在农村、林区、草原、海边村镇和沙区,这些本来落后的地区,将通过农、工、贸联合经营发展成为与发达城市一样的未来居民区。"[17]

将地球表层作为研究对象,意味着地理科学对象的本质特征为"块块"及由"块块"组成的面儿的整体,而不是"条条"。第六次产业革命建设内容中,"农、林、草、海、沙"五业即是在具体的"块块"(区域)上发展产业,进而必然存在区域对产业的制约及产业对区域的作用。因此,第六次产业革命在相当大程度上隶属于地理科学范畴。当代人类农业活动对地球表层扰动程度

具有主动性质，在人口危机、资源危机、地球生命系统危机“三大危机”，荒漠化、贫困化、全球气候变化“三大难题”并发形势下，即将兴起的第六次产业革命，对中国与世界自然社会经济系统的影响具有根本性、全局性、紧迫性意义，无疑将使第六次产业革命及其影响成为当代地理科学独特的重大研究课题。

12 系统科学与第六次产业革命

钱学森丰富的社会经历与实践成为他晚年创立系统科学的重要基础。他深谙西方科学哲学的精髓，吸取中华民族古代哲学的营养，将还原论与整体论相结合，自觉应用辩证唯物主义与历史唯物主义，深刻总结人类社会实践与历史经验，创立了解决复杂系统问题的从定性到定量的综合集成法。如同哥白尼建立日心说、马克思发现历史唯物主义和剩余价值学说一样，系统科学的创立对于人们认识世界具有开创性意义。三方面因素共同决定了当代中国人只有掌握系统科学工具，才能完成第六次产业革命任务，在本世纪中叶达到消灭三大差别的目标。

第一，钱学森是在创立系统科学的同时完成产业革命学说与第六次产业革命理论创立的。从20世纪70年代末开始，他花费很大心血，把主要精力集中在系统工程的推广应用和系统科学理论的探索和研究上。而在此之前，“1963年我国制定第二个科学规划时，他就提出要搞系统工程。”再往前，“20世纪50年代后期，他主持国防部五院工作时就建立了总体设计部，这个部门的工作实际就是航天系统工程。”[98] 1990年《自然杂志》发表的《一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》是钱学森系统科学思想达到新高度的标志。在此期间建立的产业革命学说与第六次产业革命理论中，关于科学革命、技术革命、社会革命与产业革命关系的梳理，关于第一到第六次产业革命的划分，关于第六次产业革命农林草海沙内容的布局，关于科学体系与产业革命关系的认识，处处渗透出系统科学思想。系统工程实践与系统科学思想是创立产业革命学说与第六次产业革命理论的重要基础。

第二，第六次产业革命的工作对象农、林、草、海、沙产业是开放的复杂巨系统。钱学森在1992年11月27日致许国志信中指出：“第五次产业革命——信息革命的推广力量，除电子技术和计算机技术之外，我认为还有系统科学。”[99]在1993年4月30日致王寿云等六同志信中指出：“应该用开放的复杂巨系统的概念来推动高产、优质、高效的农产业。所以例子（指开放的复杂巨系统的各类实例，本文作者注）还要加：(5)农产业系统，(6)林产业系统，(7)草产业系统，(8)海产业系统，(9)沙产业系统。这五方面都是第六次产业革命的工作对象。”[22]因此，必须熟练掌握系统科学方法，才能认识并推进第六次产业革命。

第三，系统科学理论来源于中国社会主义建设的伟大实践。他说：“我们对系统总体设计部的认识源于导弹总体设计部的实践，而那时领导我们工作的是周恩来总理和聂荣臻元帅，他们都强调中国共产党在领导革命的斗争经验，包括大规模集团军的战斗经验。如周恩来就提出‘三高’（高度的政治觉悟、高度的科学性、高度的组织纪律性）。所以我们的总体设计部是中国社会主义思想指导下的总体设计部。它实施党的民主集中制。这是我们的特点，也是优越性所在。”[24]我们要倍加珍惜这一宝贵财富，灵活应用于产业革命建设。

钱学森根据自己丰富的系统工程实践经验与系统科学理论创新成果，在第六次产业革命

建设问题上多次致信党和国家领导人江泽民、李鹏、田纪云、宋健等，推动成立管理组织机构。“科学技术是第一生产力嘛，而现在部门分隔，形不成统一集中的科学技术力量！所以要修改中华人民共和国宪法，国家设中央科学技术委员会，主席由党的总书记兼，第一副主席由国务院总理兼，中央科委设总体设计部。把过去成功的‘两弹一星’经验发扬出来。”[25]“在农林草海沙五大产业中，草业建设是薄弱环节，在组织建设上……国家要有国务院草业部。”[26]此外还积极支持成立沙产业、草产业协会[28]，支持沙产业草产业网建设，强调做好工作，“把沙产业、草产业推向全国去”[29]；“迎接下个世纪的第六次产业革命，中国的科技工作者现在就要做准备，要制定规划、计划。我国传统农业有丰富的经验，也要吸取”[17]；“沙产业属第六次产业革命，是 21 世纪中也才能开花结果的，那时还要用生物技术这一现在刚露头的技术革命。对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：(1)从地理科学明确治沙的范围；(2)通过试点，树立沙区植物、动物繁殖加工事业；(3)引入生物技术，做些试验”[30]。1984 年 7 月，在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》一文中，他说：“搞科学技术还得有专业人员，所以必须提出大力培养农业型产业的专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中重视得很不够，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工、食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。可能还要考虑创办一种新型的高等学校，‘理农综合性大学’”；“为了深入研究和发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路”[3]等。

系统科学理论是钱学森为当代中国与人类社会做出的具有科学革命意义的贡献。开放的复杂巨系统特征辨识及其从定性到定量的综合集成方法，是以钱学森为代表的中国科技界在近代系统科学领域创造完成的最重要的科学理论与方法。世界正处于科学革命、技术革命的波涛中，由此带动的产业革命、社会革命持续发展。由于历史的原因，21 世纪的中国正面临第四、第五、第六、第七次产业革命同时到达或掀起，处于一浪高过一浪，波涛汹涌的产业革命大潮之中。而第六次产业革命作为全部产业革命的一环，具有承前启后的关键作用。我们只有自觉地掌握系统科学武器，熟练运用这一法宝，才能圆满完成建设任务。

13 科学技术体系与第六次产业革命

(1) 科学技术体系的主要内容

1991 年 10 月，钱学森在接受“国家杰出贡献科学家”荣誉称号仪式上的讲话中说：“我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系，这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。……我在今后的余生中就是想促进一下这个事情。”[100]钱学森构建的整体的、多层次的科学技术体系，是钱学森科学思想的集中体现，是系统科学思想和马克思主义哲学与现代科学技术发展的实践相结合的结果。

早在 1985 年 1 月的一封信中，钱学森指出了科学技术体系的整体性。他说：“科学技术的体系也是发展的，科学技术殿堂也要翻修改造，但整个科学技术(包括自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、思维科学、军事科学和文艺理论)是完整的，一体化的。”[101]

在 1985 年 2 月的另一封信中，他明确提出了科学体系可以划分为八大部分。他说："今天的科学技术已不是什么理科工科的天下，有八个科学技术大部门，一、自然科学，二、社会科学，三、数学科学，四、系统科学，五、思维科学，六、人体科学，七、军事科学，八、文艺理论科学。前面七部门都有基础理论层次和应用技术层次；一般还有一个应用理论的中间层次，叫技术科学吧。部门是并列的；当然到应用就有交叉。所以系统科学是个独立的部门，是与自然科学平起平坐的！"[102]

1985 年 7 月，钱学森将现代科学体系划分为九大部门，增加了"行为科学"这一体系，并认为"'计算机科学'不是一个与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学九大部门平起平坐的，它分散于这九大部门中"[103]。

1988 年 11 月 28 日的一封信中，钱学森说："我认为现在您工作的这个领域很混乱，什么生态学、生态经济学、数量地理学、区域规划理论……，还有天、地、生！其实我们必须分清作为人类社会活动环境的学问的地理科学，和研究行星的地学（或行星学）。当然有交叉，如地震就是地理科学必须考虑的。但地学（行星学）是自然科学，地理科学就不能算是自然科学。地理科学也许要作为现代科学技术体系中又一个大部门，第十大部门。"[104]

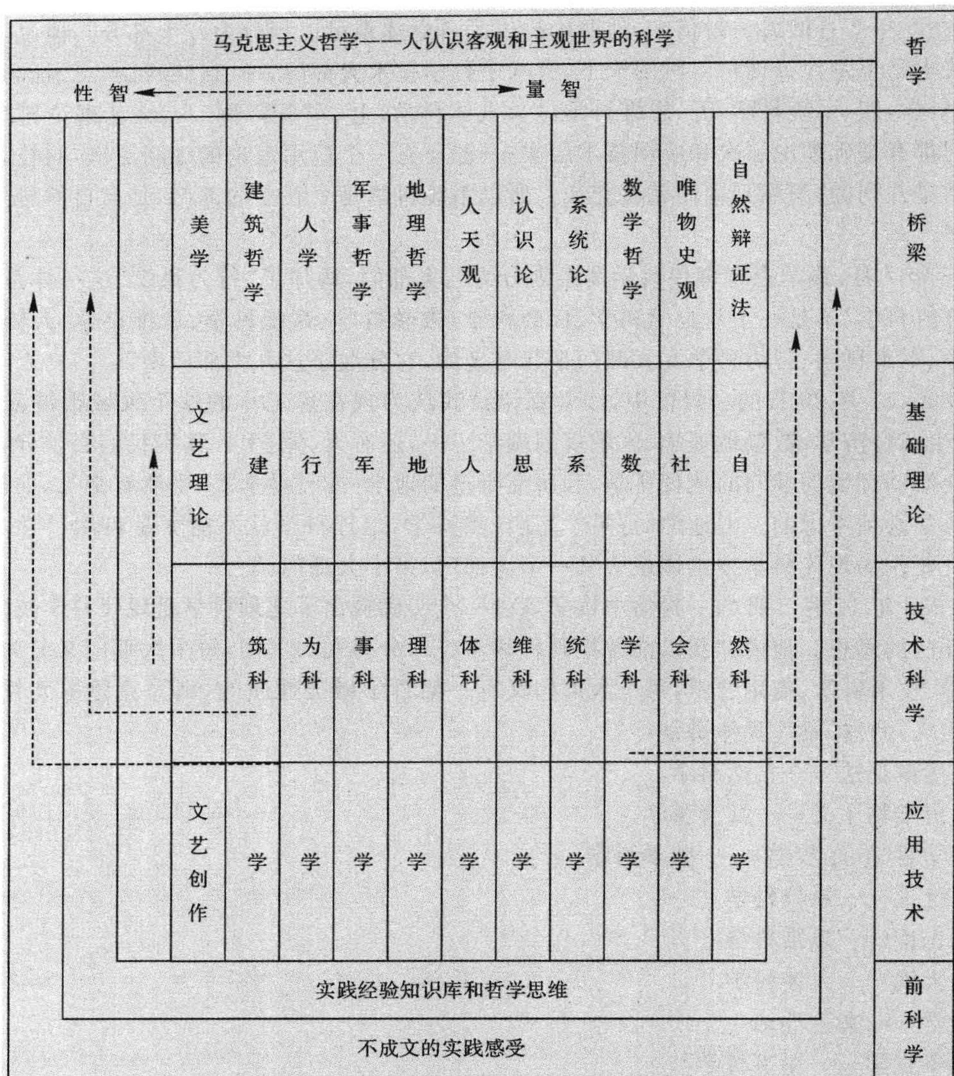
在 1988 年 12 月 5 日的一封信中钱学森进一步明确提出了地理科学是现代科学技术体系第十大部门的思想。他说："我以前曾把现代科学技术分为九大部门，每个大部门又分为三层：基础科学、技术科学、应用技术，每个大部门又有一架哲学概况性质的，到马克思主义哲学（辩证唯物主义）的'桥梁'，具体讲是：

- 自然辩证法——自然科学
- 历史唯物主义——社会科学
- 数学哲学（元数学）——数学科学
- 系统论——系统科学
- 认识论——思维科学
- 人天观——人体科学
- 美学——文艺理论
- 军事哲学——军事科学
- 社会论（?）——行为科学

现在我想地理科学这门研究人类存在基础的学问应该作为现代科学技术的又一大部门，与先前九大部门并列的第十大部门。地理科学也有三层，也有其哲学概况的'桥梁'。"[105]

钱学森高度重视地理科学，主张要区分"地学"和"地理科学"，因为地学归自然科学这一现代科学技术大部门；"地理科学"则是与自然科学平起平坐的又一现代科学技术大部门[106]。搞好社会主义地理建设的学问则是地理科学，现代科学技术十大部门之一，与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学等平起平坐的[107]。

最后钱学森将科学体系划分为十一大部门，增加了"建筑科学"。"早些时候我曾提出要建立地理科学大部门，并立于自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学与文学艺术 9 大部门，形成现代科学技术体系的 10 大部门；但除了少数人之外，反应不是很强。但这次提出建筑科学大部门却引起大家的支持，山水城市也如此。"[108]



现代科学体系结构图(钱学森绘)

这个是根据现代科学技术发展到当时水平所作的划分,“随着事物的发展,将来还会出现新的部门和部门概括,因为在本世纪初人们还认为科学只有自然科学和社会科学两大部门。”[109]它是一个开放的、动态的体系,将随着科学技术的发展而不断丰富、发展。

钱学森认为,在这个科学技术体系当中,马克思主义哲学是对其的最高概括。“现代科学技术的横向划分为九大部门,每一部门一般有三个纵向层次,从直接改造世界的工程技术,到技术科学(应用科学),到基础科学,而连结到最高概括的马克思主义哲学又各有一架桥梁。九个部门和九架桥梁是:自然科学——自然辩证法;社会科学——历史唯物主义;数学科学——元数学(数学哲学):系统科学——系统论,思维科学——认识论,人体科学——人天观;军事科学——军事哲学;文艺理论——美学;行为科学——社会论。每一个现代科学技术大部门都研究整个宏观世界,只是角度不同而已。在这个体系中,马克思主义哲学要指导科学技术的研究,而科学技术的成果也必然深化和发展马克思主义哲学。”[110]针对上述大部门的顺序,他提

出，地理科学的桥梁是地理哲学[111]。

“马克思主义哲学联系每一个现代科学技术大部门都有一架‘桥梁’，这‘桥梁’也就是这一大部门最概括的学问，即哲学。这样说，自然科学这一大部门的哲学就是自然辩证法，社会科学的哲学就是历史唯物主义，……，而人体科学的哲学就是人天观。”[112] 他还创新性地提出“人体科学的哲学就是人天观。人天观又分三个层次：宇观的人天观就是外国物理天文学家提出的人择原理及其进一步发展；宏观的人天观是我国古代哲学和中医理论中的人天相应、子午流注等；还有微观的人天观，那就是量子力学的万物相关理论。”[112]

钱学森提出，科学技术体系中从自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、思维科学、军事科学、行为科学到地理科学这 9 大部门都是由量智与性智建立起来的，但表现出来的则是量智。而文艺这一部门与众不同，虽然也是由性智与量智并用的，但表现出来的则是性智。这就是文艺和美学的特点，与众不同[113]。

（2）科学技术是第六次产业革命的基本推动力

科学技术是推动产业革命的基本动力。钱学森提出清晰的科学技术体系结构，便于全面、系统地认识世界和改造世界，利于从整体上把握科学技术之间的相互联系、相互促进作用和对社会生产的推动变革。

第六次产业革命的实质内容是创建农业型的知识密集产业。农业型的知识密集产业，是知识、技术高度密集的农业，是靠高度的科学技术进行生产。这客观要求把科学技术体系中所有能够利用的科学技术都应用在第六次产业革命中，利用人类社会创造的一切科学知识，吸取全世界范围内先进的生产技术，来促进和发展第六次产业革命。钱学森创建的科学技术体系结构，从基础科学、技术科学、应用技术三个层次来认识分析科学技术，为充分认识和发挥科学技术在产业革命中的作用提供了良好工具。

第六次产业革命是以生物科学技术为龙头，以生物技术、信息技术为主要推动力量的产业革命。生物科学技术属于自然科学的一部分，这意味着与前五次产业革命一样，自然科学将在第六次产业革命中发挥重要作用。

地理科学和系统科学则与第六次产业革命发生了密切联系。地理系统建设是第六次产业革命的任务之一，在第六次产业革命中占有重要地位。系统科学是第六次产业革命建设的法宝。第六次产业革命的发生，必然与地理科学和系统科学紧密联系。另外，第六次产业革命的深入推进展开，离不开建筑科学、行为科学、思维科学、社会科学等其他科学技术部门。

14 五次产业划分与第六次产业革命

在 1993 年 1 月 26 日的一封信中，钱学森提出了五次产业划分的思想。他说：“产业与事业必须分清；产业进行初级分配，事业则需高级分配。我认为产业有：

1、第一产业包括农、林、牧、渔

2、第二产业包括矿、工

3、第三产业包括服务业、金融业、商业、通信业、交通运输业

4、第四产业包括咨询业、信息业、科技经纪人业

5、第五产业为文化市场业，各种文化经纪人业

第三产业、第四产业和第五产业本来早出现于前代，但在今天的社会主义市场经济体制中将起到非常重要的作用。”[114]

随后在1993年11月的信中又提出：“金融企事业处理的，不是实物、物质，而是信息。金融经济是信息经济。……金融企业属信息产业，也就是我们说的第四产业。”[115]

钱学森认为，在即将到来的第六次产业革命当中，通过创建知识密集型大农业产业，传统的第一产业将被改造为类似现代第二产业的新型产业，存在了几千年的农业和农民将成为工业化的农产业和工人[116]。而在这一转变过程中，第四产业将发挥巨大的作用。

第四产业就是知识产业，就是为客户提供科技咨询服务等的行业，科技开发业是经营技术专利的，我称之为第四产业[117]。专业农协实际上就是科技咨询公司，是我说的第四产业[118]。要提倡第四产业。这是对发展科学技术特别重要的一类新型产业：网络信息业、科技检测分析业、科技经纪人业、中试基地业、咨询服务业、科技律师业等[119]。

钱学森认为，第六次产业革命将导致第一产业成为集信息、金融、管理、科技、生产、加工、运输、商贸于一体的集团公司，而作为提供科技咨询等的第四产业，要“组建专业集团以形成力量”[117]。“金桥工程”实是组织需要技术的买方与有技术的卖方的信息服务工作。既然如此，那在社会主义市场经济条件下，就应组建“金桥集团公司”，把现属全国各地的“金桥工程”中的科技人员组织起来，形成有层次的科技咨询产业公司[120]。

钱学森主张，提供科技咨询等服务的科研机构要与生产企业分家，进入社会主义市场经济，农技推广队伍也不能再靠吃皇粮[121]，并认为现在第四产业搞不起来，毛病在于企业浑身是病，活下去都难，还说什么开发新技术[122]！科研开发机构是第四产业，要同科研机构分家。科研开发机构既是产业，就应以公司形式自主经营，是科研单位与生产企业之间的中介企业；一方面向生产企业出售技术成果（有专利保护），一方面向科研单位付酬[123]。

对于第四产业的前景，钱学森非常看好，他认为今年（1995年）国家就动手解决企业改革的问题，估计到九五期间一定能解决好。到2000年当能使科学技术真正成为社会主义的第一生产力，第四产业也将成立发展。到2000年，有6年功夫问题该解决了（企业的问题），届时一年几万亿的产销，1%就是几百亿；用百分之几像发达国家那样投入新技术开发，就是千亿的新技术开发费。科学技术将真正成为第一生产力了。再过6年就行！我是乐观的，第四产业一定将于21世纪在社会主义中国兴起[122]！钱学森还预言第四产业，包括金融，已成为或即将成为最大的产业[125]，人18岁以后到65岁一70岁，是全时劳动者，此中40%在第三产业、第四产业和第五产业[126]。

钱学森非常重视文化产业，并将文化产业归类为“第五产业”，“为文化事业服务的经济事业也是社会主义文明建设中一种有特色的产业，可称之为继续科技业，即第四产业之后的，第五产业。如各种文化经纪人事业即属第五产业”[127]。并认为，第五产业“是文化、艺术以及文物在市场经济中的企业，包括演出艺术家聘用的经纪人”[128]；工业设计是社会主义文化的一部分，是文化事业的一个部门；但工业设计又要面向社会主义市场经济，又因此要有它的企业，如工业设计经纪人。所以工业设计有两部分，一部分是事业，又一部分是企业；企业的那部分就如时装模特经纪人那样要设公司，这种文化企业我称之为“第五产业”[129]。

钱学森认为第五产业非常重要，在社会主义市场经济中，文化也会走向市场，会出现一种专经营文化的企业[130]。第五产业是很重要的，文化市场对我国社会主义建设以至国际文化交流都是不可缺的[114]。关系到中国文化走出去的问题，“在国外文化人都有他们的经纪人，很方便，经纪人收点费，是值得的，有文化人的心呀。中国文化事业要走向世界，第五产业更不可缺了”[130]。钱学森也提出要将第五产业中的生产经济事业和精神文明的文化事业分开[130]。

四、第六次产业革命实践推动

钱学森第六次产业革命理论是指导实践的理论。因此，1984 年第六次产业革命理论基本形成之日，便是实践开始之时。事实是，早在 1984 年第六次产业革命酝酿过程中，钱学森就已经开始了建设行动——广泛的宣传工作。1984 年 3 月 3 日，钱学森在五〇七研究所做《工业革命的挑战和我们的对策》的报告中，第一次对科学革命、技术革命、产业革命、社会革命并列论述，提出了前四次产业革命，思考“中国农村的变化会不会产生一次更新的产业革命”[4]；一周之后的 3 月 10 日，在中共中央和国家机关六个部门联合举办的“新技术革命知识讲座”上做《关于新技术革命的若干基本认识问题》报告，明确定位第六次产业革命“就是农村的生产要素要变成一个高度知识密集的、技术密集的、高效能的大农业，综合农业体系。而这样的变化，必然要引起农村小集镇化，就是居民集中起来，变成是万把人左右的一个一个的点”。提出“补第四次产业革命的课，实现第五次产业革命，预见第六次产业革命并为之做好准备”[10]。当年 6 月 28 日，在《内蒙古日报》发表《草原、草业和新技术革命》[131]，开启了宣传第六次产业革命建设基础内容的先河；7 月 4 日与 7 月 7 日，在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》[3]手稿刚刚出来之时，随即发往中国科学院、内蒙古人民政府交流；然后于 12 月 23 日，在中国农科院第二届学术会议上发表具有里程碑意义的《第六次产业革命和农业科学技术》[8]长篇报告，自此在全国范围内吹响了向第六次产业革命进军的号角。从 1984 年到 2008 年，24 年如一日，钱学森为第六次产业革命理论建设与实践活动不停工作。据不完全统计，在已经发表的 3387 封信中，1984 年后直接涉及第六次产业革命的相关信件有 110 封，与农业产业相关的信件有 51 封，林业产业有 49 封，草业产业有 79 封，海业产业有 12 封，沙业产业有 58 封。六项合计为 359 封，另有 8 篇相关讲话、谈话与文章[132,133,134,135]。在钱学森的直接推动下，第六次产业革命在全国从无到有，从理论到实践，正由星星之火，向燎原之势发展。

15 农业产业的实践推动

(1) 长期关注农业科学技术进步

钱学森以学习科学技术，救国救民为己任。在他紧张的学习与工作的同时，始终关注农业

问题。早在1936年在加州理工大学读博士期间，就修过由摩尔根主讲的《遗传学》课程；1955年回国后，尽管工作任务巨大，仍然坚持关注农业科学技术问题。1958年2月13—15日，钱学森在发言中指出："我们科学工作者应当现在就开始考虑这40条(指农业发展纲要40条)实现以后，农业生产还应当如何向前发展。以后的农业发展，不仅是机械化、电气化、化学化的问题，而是如何把工程技术应用到农业上去，使农业生产也成为一个工厂似的，就是在工厂的条件下进行生产，这也可叫做农业的工业化。"同年《科学大众》6月号发表钱学森《展望十年——农业发展纲要实现之后》文章；1959年2月在《科学通报》第二期发表《谈宇宙航行的远景和从化学角度考虑农业工业化》，1962年10月在《红旗》杂志发表"科学技术支援农业的光辉前景"，1964年钱学森等应邀参加毛主席70寿辰宴会时，毛主席谈到："搞建设，农业是个拳头，国防也是个拳头。要使拳头有劲，屁股就要坐稳，屁股就是基础工业。"1980年3月9日，在太原迎泽宾馆会见张沁文，确定合作为中国科协和中央电视台系统工程普及讲座编写《农业系统工程》，5月8日完成《农业系统工程》手稿，10月5日张沁文在钱学森鼓励下在中央电视台播讲《农业系统工程》，同年与张沁文做长时间谈话，勉励他能下决心，下狠功夫，"写出农业系统工程与农业学两部专著"[136]。之后，从1983年开始，逐步转向第六次产业革命理论创建工作。

第六次产业革命的农业产业建设中，第一，"包括的不只是种植业的农，也有绿化的林、养畜的牧、养家禽的禽，还有渔，也养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业，微生物(沼气、单细胞蛋白)业；当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系"。主要强调传统农业区域的产业横向展开与产业链延伸；第二，"要走城市和农村同时建设，城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心"[3]。

在约50封相关信件中，钱学森就农业产业体系建设从工程技术角度进行了一系列阐释。

1984年1月3日致张沁文信中指出：农业产业建设中的"农业和农村(镇集)在我国社会主义建设中所占的位置是非常重要的，而现在我们拟订中的规划计划对此认识还不够，老一套得多，有眼光的少。怎样才是看得远一些呢？是什么方向呢？我以前在通信中已向您表达过：一是农林牧渔禽虫微副工九业并举；二是农产品综合加工利用，三是建农村小集镇，约万人的居民点。这三条就是走向消灭三大差别"[54]。农业生产是系统工程，实施农业产业建设[137]，搞农业系统工程"是具有我国特色的社会主义大农业的前进道路……农业系统工程也得有农艺师和农业工程师的合作才搞得成"[138]。

1984年9月10日在致周曼殊信中说："海伦县的设计太保守了；难道到2000年，一个县的生产还建立在今天的那一套看法上吗?"[139]2000年时，必然走向"知识密集型产业"、多层次深度加工。另一个场合又指出："要害之要害是干部文化、知识水平太低，不能领导农民治穷致富！解决省域县级领导问题，"省领导要下决心"[140]。

(2) 农业科教体系建设

钱学森指出："技术学科是中介学科，一方面要联系基础学科，知道学科理论的新发展；另一方面又要知道服务对象，搞开发应用的人在干什么，他们的困难在哪里，以便'对症下药'，解决他们的问题。我从前搞应用力学，在前一方面没有困难，因理论力学只混沌力学没搞清，其他都是经典的了。所以我当时总爱同航空工程师们交谈，了解他们有什么难处。现在您攻生

物技术学在前一方面也不会有困难,因您本来就是行家,又身处生物系。恐怕要注意的还是农业、林业的技术应用方面,似应多与这些方面的同志联系,知道他们的困难在哪里。我国有农业科学院、林业科学院,也有如陕西杨陵的农科院。还有中国科学院的几个农业现代化研究所,如中国科学院石家庄农业现代化研究所。"[141]要重视科技推广体系创新工作,如石家庄农业现代化所"应该成为科学技术创新,同时搞推广的技术咨询服务,即我说的第四产业"[142]。

在教育事业方面,"教育事业如何适应社会主义建设的需要,成为一大问题。不久前巴金老就提出教育的第一个任务是教做人"[143]。

钱学森特别重视新兴学科的建设。"水稻超高产是一个复杂的系统工程,育种是其中的一个问题,还有田地土质、灌溉、日光、气温、种植密度、用肥、防虫害等许多问题。所以是一项工程,犹如航空工程的飞机设计、制造与运用。'生物技术学',则是这项工程,水稻高产工程的指导性理论,一门方法学。"[144]

对待农业科技实践与示范问题,如沼气,在领导尚未认识到时"有两个办法:(一)待领导有朝一日认识了再干;(二)自负盈亏,办沼气技术服务,打开局面。第一个办法,好就好在稳,吃大锅饭;第二个办法,有风险,但现在国家已放宽政策,鼓励科技人员这样干"[145]。钱学森支持民间方式推动农业系统工程建设。1984 年在他的支持下,成立了农业系统工程协会[146]。

钱学森长期关注生物能源建设。1984 年到 1992 年至少 4 次提到沼气建设的技术问题。1984 年 10 月 27 日致周曼殊信中,他指出:"从树叶等提取蛋白质及淀粉,如要投产应用,可能要与饲料工业相结合才行。而这要与其他饲料生产方法相比较,比较其经济效益。如果此路不通,又要回过来改进提取方法,或者再在提取过程余下的废液、废渣想办法,加以利用(如产沼气),以提高效益。"[17,146,147,148],"组织培养研究已有近百年的历史,……但看来在我国尚未把它开发应用到农业、林业、药业等植物工程应用。我看有实际需要是没有问题的;农民不是喊种子难吗?这里面是什么脱节了?有没有您在开课讲的生物技术问题?"[149]

此外,对于"用生物磁学方法使豆科以外的植物长根瘤固氮"[150]、ABT 生根粉[151]、利用微生物("the rhizosphere(根圈)"一书,讲的植物根部及周围土壤中各种微生物的作用是决定植物生长的重要因素。裘维蕃同志也告我:根圈的研究还很不够,应大大加强,这是农业科学的一个根本性课题[152]。一方面"作物的生长靠品种,所以育种非常重要。"另一方面,"作物生长的环境可以人工调节,并取得很大成就"[153]。

钱学森长期关注传统农业时期形成的嫁接技艺[154],指出:"植物剪切改造学,它的作用决不下于基因工程学"[155],"不能因为'大跃进'时代的乱搞失败就否定人工嫁接在高产、优质、高效的农业中之可能应用"[156]。可以考虑以"植物嫁接改造学为基础,发展又一个新行业……,'树蔬业',促成"'树艺学'的实业,'树艺学'如'花卉学'的实业'花卉业'",首先可以"整理成专门著作"[157,158]。

轮作倒茬如"我国现在有华北地区的冬小麦和东北地区及青海等地方的春小麦;华南种冬小麦与种稻有矛盾。……石油专家刘世泽同志在成都的中稻收割后板田里,8 月下旬播他处理过的当地麦种,到次年年初收割,获得成功。如我国南方广大地区一年能多收一季小麦,应是大好事。"[159]

中国写中国农业通史,的确任务艰巨。……必须用马克思主义哲学为指导,要用历史唯物主义的思想,讲清农业与经济、农业与政治的关系[160]。

这意味着"要从中国古代在此领域中所用的思维方法中去找出有不同于现代科学方法的

精华。而这是我们中华民族可以贡献于世界的”[161]。“是发扬我几千年的文化之又一崇高事业”[158]。

(3) 农产业建设,试验示范先行

要重视试验示范点建设。如1993年2月24日致山东省禹城县人民政府信中指出:“(一)禹城县在李院长(指中国科学院副院长李振声)的指导帮助下,走农牧结合的路子,的确取得很大的成绩,可喜可贺！问题是再下一步怎么走。(二)我认为下一步要考虑在农牧结合的基础上再跨一步,走向大农业,加上林、渔、药,即造林田,发展池塘养鱼,种药材。这样再将基础建筑得更厚实。(三)然后利用生物技术,把废弃物加以充分利用,生产燃料沼气,饲料蛋白等。(四)再搞农、工、贸三结合,开设药厂,充分利用农(药)牧产品;也可开设制革厂。畜牧产品加工成袋装上市的成品,日本就利用畜骨磨成‘豆腐’,营养良品;我们也可以试试。这样搞禹城县就为下一个产业革命做准备了,迎接第六次产业革命！”[162]

一条龙组织的农业实是农业走向第二产业,结束第一产业。这样问题就彻底解决了！希望的曙光已在中国的大地上亮起了。这是继信息革命的第五次产业革命的又一次产业革命,第六次产业革命[163]！

关于农业发展目标方面存在争议的问题,钱学森认为:“我理解生态农业实是运用现代科学技术知识,创立一个人与环境协调发展的大农业。”[142]总体来说,“国家的农业方针是建立高产优质高效的农业。这一提法是符合我国社会主义的实际的,也很科学而全面”[164]。“中国农业历史正在跨入一个前所未有的伟大新时代:从个体、一家一户务农变为公司型集体农产业组织,从自然农业变为用高技术的农业生产,从只生产粮、棉、肉到农、畜、药、工、贸结合的现代化企业。”[165]

1992年11月25日致田纪云信中,从5方面阐述了第一到第六次产业革命,农、林、草、海、沙产业与产业示范的重要意义。他指出:“(一)我们面临着一场新的产业革命——21世纪初的产业革命。

产业革命是生产技术引起的生产力大发展,从而引起一场经济结构的大变化,最后导致社会结构的飞跃。所以第一次产业革命发生于大约一万年以前,人从采集、打猎为生变为靠种地放牧为生;原始公社的社会制度变为奴隶社会制度。第二次产业革命发生于中国大约3000年前,即奴隶社会后期,商品交换出现了。第三次产业革命也就是发生于18世纪末,19世纪初的西欧,所谓工业革命。第四次产业革命发生于19世纪末,20世纪初,帝国主义开发了世界市场,生产体系也大为改观,出现世界规模的市场经济。列宁早逝,斯大林思想僵化,苏联未能及时进入社会主义市场经济,吃了大亏,也影响我国,损失了40年时间！

第五次产业革命是世界正在进入发展的又一次产业革命,信息革命,是由电子技术引起的。这在我国已引起重视。随着社会主义经济体制的改革,发展我国社会主义市场经济,我国企业进入世界市场竞争,第五次产业革命必将在今后开展起来。

我认为社会主义中国是中国共产党领导的,我们是以历史唯物主义武装起来的,我们要在总结历史经验的基础上,有远见之明,看到21世纪,看到建党100周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展,看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命做准备。

(二)我前两次写信报告的内容——海产业和林产业,都实际是为第六次产业革命作准备;

我们的林产业、草产业、海产业和沙产业要赶上农业，即农产业。农是走在前面的，现在国家已有一整套方针政策和实际制度，可以在本世纪末使农村达到小康水平。林、草、海、沙要加快发展。

（三）另一项为第六次产业革命做准备的工作是抓现在我国农村的三个先进典型：天津市的大邱庄、江苏江阴华西村和河南的刘庄。他们都早已超过小康水平；他们都有强大的乡镇企业，年创巨额积累。因此他们是具备条件迈步走向第六次产业革命的。

（四）但从近日来有关大邱庄和华西村的报道看，他们虽有走向第六次产业革命的可能与愿望，但具体开步走，有困难，缺少国家的指导和帮助，缺少强大的科学技术力量实施技术开发。为此，我也曾去信中国科学院副院长李振声同志，征求他对在大邱庄发展第六次产业革命的意见，他回信也是肯定的。所以看来就缺国家的指导与帮助了，没有领导的组织是不行的；而这必须是高层次的领导，因为这项工作超出全国统一安排下达的任务。

（五）最后，此信的目的就是请您来安排在大邱庄、华西村、刘庄开展第六次产业革命的试点。”[44]

我国农业产业建设发展的形势证明钱学森当年预见的正确性。当前存在的问题是，因人口增长、人们生活水平提高，农产品供求关系紧张程度加大，植物油、饲料蛋白质来源已经严重依赖跨国公司。与此同时，急剧膨胀的工业化、城市化压力大量蚕食优质农田，农村劳动力大规模涌向城市，农田污染与城市污染问题交互作用，愈演愈烈，粮食生产在连续 8 年增产基础上，增长率在降低，增长潜力减小，风险在加大。严峻的形势要求我们在钱学森认识基础上，努力实践与探索，认真建设农业产业。

16 林业产业的实践推动

在完成第六次产业革命理论创新工作后，在林业产业（以下简称林产业）领域，钱学森作了如下方面工作，推进林产业建设。

(1) 与科技界深入交流，不断深化认识

1985 年 4 月 29 日致云南省林业调查规划院张嘉宾信中指出：“我还是想向您宣传一下林业作为知识密集型产业的概念，因为从您的来信和来稿看，您还跳不出老框框，如：（一）您说海业可否改叫水产业。这就说明您对海业产业的认识同渔业混为一谈了。淡水养殖业是农业产业、林业产业、草业产业、海业产业，甚至是沙业产业的一部分。农业型的知识密集型产业是高度综合的，不是目前的‘农、林、牧、副、渔’。（二）您还限于森林生态的概念，而林业产业远远超出生态学，它包括了许多工业项目。请您读《人民日报》1985 年 4 月 27 日头版头条，《种植、养殖、加工一条龙好》，不要漏了‘加工’！……

当然，对林业产业我还有许多东西没有说明：《百科知识》1985 年 3 期 12 页陈陆圻同志文《多种目的、永续利用——世界林业发展趋势》中就讲了诸如育种、施肥等我没有讲的事。这些事您当然知道。总之，要打开眼界，不能限于老框框。

一个打开眼界的办法就是多看书，尤其要看外文书，英文的、俄文的。生态学也要深入到定量研究，如植物生态学就有 P. Greig-Smith 的‘Quantitative Plant Ecology’（影印版 F180/

94,B000210),您读过吗?

再一个打开眼界的办法是多交志同道合者。兰州甘肃省农业大学任继周教授是农业型知识密集产业的热心人,您知道吗?

我写了这些话是希望您能带个头,开创我国知识密集的林产业,云南省能带个头。云南省总有两亿亩森林吧,搞好了每亩产值为什么不能超出100元呢?每年产几百亿呵!"[166]

在约一个月之后的另一封信中说:"《经济参考》1985年5月7日第2版上有一篇报道浙江省宁波市四明山区林场的文章,我以为是我讲的知识密集型林产业苗头。报道说山林7万亩;用材林基地6.3万亩,森林覆盖率88%。但说6年前的林木蓄积量为12.9万立方米,现在为16.1万立方米;则每公顷每年生长量才1.27立方米,太少了。外国据说是每公顷每年生长量约3立方米。但好在这个林场办了小加工车间,每年间伐中幼林5000亩,得小径材约3000立方米;用此生产木器,如课桌、写字台、靠背椅、方凳、粪桶、包装箱等百余种,共1.2万件。去年只此一项即收入105万元,实现利润36万元,另办了苗圃地230亩,搞各种观赏树木160余种,现有苗木值300万元;去年净收入40.7万元,利润达到11万元。您以为如何?云南可以搞个试点吗?有个开头,再步步高嘛?树叶含叶蛋白,为什么不好好利用?通过生物,就能利用呵。"[167]

这封信之后第四天的又一封信中说:(一)第六次产业革命我估计是21世纪的事,近二十年只是准备时期而已。所以不可操之过急!(二)用"生物产业"一词恐不妥,那又插到许多正在兴起的"生物工程技术"里去了,反而会引起混乱。(三)人只能从实践中认识问题,是农业型知识密集型产业还是什么"大农业",也只有让实践来回答。上次信中我举了宁波四明山林场的例子,就可看清什么是知识密集型林产业的本质;所以我说那是知识密集型林产业的征兆、苗头。我以为从这个小小的开端来培育将来的伟业——知识密集型林产业,是实事求是的,比空喊有效得多。(四)新生事物总要有一个成长的过程,开始时人们不认识是自然的;就是您和我也不能说我们现在的认识就十全十美了,也会有些不足,甚至错误。(五)我这些话您要仔细想想,它们是我学习马克思主义哲学的收获。您在信中的话反而显得您还不够成熟。(六)您在信中提出要我挂帅的那个计划也是脱离社会实际,因而也是行不通的。我只是写了几篇文章,文章本身不足以说服不认识的人;文章只能给向您这样本来就认识此事的人以帮助和促进作用。(七)总之要从小处做起,干他十几年,必有大成!"[168]上述情况表明,最初阶段的工作为重点进行建设目标区域基层人才沟通与交流,同时探索了解与梳理知识,为开展时间积累基础。

以下工作是在前期积累基础上,进一步扩大交流面,互动中加深认识,推进宣传工作。1985年11月27日致徐玲信中说:林业系统工程"是把系统工程的一般方法用来科学地组织林业生产,以达到高效益"[169]。1986年9月30日致尹润生信中说:"工业人工林只是森林种植中的一项技术革命,不是什么整个经济结构(或经济的社会形态)的飞跃。……工林技术不是我说的知识密集型林产业的全部,只是一部分。原因是还未包括深度加工和综合利用。将来真正做到知识密集的林产业了,经济效益还会翻几番。

实现了知识密集的林产业、农产业、草产业、海产业和沙产业,那人类通过生物充分利用太阳光能生产的事业,整个经济结构就要改观。这才是新的产业革命。"[170]

广泛的交流互动与深入研究思考,钱学森关于林产业建设的认识不断明确。具体有三点:第一,认识到林产业建设问题是社会经济建设问题。1986年10月10日致张嘉宾信中指出:

我国林业的危机主要不是“科学技术问题，而是社会及经济问题。……搞试点的时候，务必注意社会及经济方面的问题，这一关过不好，全局皆输了。重要、重要！”[50]

第二，要将林产业放到与农产业同样的高度。“我现在想的是一个更为宏观的问题：到21世纪林产业在社会主义中国的地位，并且我们目前该做什么事。……我国还不了解林产业在社会主义建设中的应有位置，不了解再这样下去是要犯大错误的！这决不只是国有林业的问题，9.7亿亩的问题，甚至也不只是全国17.3亿亩森林的问题，要看到可能的45亿亩。历史上的林区不是早已不见了吗？我们不是因此受害吗？想想！我们现在每年因此损失了多少，有百亿？上千亿？”“……宏观综合研究首先要比较完整地说明把45亿亩变成森林的重要性。不然国家和人民要受大损失，把金额算出来。这样让大家知道：农业是立国之本，林业也是立国之本，不亚于农业；林业部不次于农、牧、渔业部！这当然要求您们跳出林业本身的范围，站得高些，看到全局，包括水土流失问题、气候问题、水资源问题等……树立了林业在国家事务中的地位，才能再进而探讨有中国特色的社会主义林业新型发展道路。”[171]1987年2月21日致张嘉宾信中表达同一认识：“从宏观角度看，一个国家林业搞不好，农业也必然衰败，搞到没饭吃！”[172]1987年4月23日致尹润生信仍然在进一步阐释重要性：“（一）林业实际是以培育木本植物为基础的产业，可以称为Ligniculture。（二）林产业对社会主义建设的重要性决不亚于农产业，为什么我们总只讲农业，不提林业？六届人大五次会议的政府工作报告中，农业位置显著，而林业呢？是林业工作者自身的问题吗？（三）《林业问题》1期的您们四位写的头篇大文很好，是三种林业：商品林业，公益林业及多功能林业。讲得好！但该期后面石山同志文非常重要，应合起来读。（四）我说的知识密集型林产业可以是商品林业，也可以是公益林业，又可以是多功能林业。目的不同，用知识的方面也就不同了。例如公益林业中的园林，那就要讲究美了。要美，当然与要多出木材的学问不同，但都要知识。（五）发展我国林产业是涉及多方面的，因此要用系统工程。”[173]

1987年8月20日致中国林学会学术部信中说：“作为建设有中国特色的社会主义方针政策，应该有长远观点，要看几十年、上百年，要看到21世纪，决不是只顾眼前，一两个五年计划！对林业来说，更是一个子孙后代的事，要保持中国大地上适于十几亿以上人口生养栖息的环境。但由于无知和短视，我们对这块可爱的大地已破坏了近两千年！现在我们有了社会主义制度，有马克思列宁主义毛泽东思想指导我们的工作，再也不能这样下去了。”[174]1987年11月1日致全国政协学委会、工作组办公室一处信中指出：林业问题的看法“要站在更高的层次来考虑森林的问题，因为重要性决不亚于农业问题。关键是认识要提高。”[175]

第三，林产业建设一定要解决好基层组织问题。关于建议设国家级的林业委员会问题，要搞清楚“我国林业的基层生产组织是什么？大概不能像农业那样承包到户，专业户也太小了。现在有实践中涌现的典型吗？林业基层生产组织如还不清楚，又怎么谈上层管理？”[176]“建造速生丰产林（也是您早就提出过的）的建议已为国家林业部所采纳，三十年兴建三亿亩丰产林嘛。……但我看一个微观问题还没有解决：什么是林产业的基层生产组织结构？林产业是经营周期比较长的，恐不能采用包产到户的方法。用什么基层结构，急待明确。而又有可能因地区而异。”[177]

（2）从国家高度推进林产业建设

在林产业理论认识深化的同时，1986年12月4日致信田纪云副总理，指出：“我国林业、

林产业问题十分严重;我们已犯了两千年的错误,把绿色的祖国大地摧残到今天的模样!国家一定要采取有力措施,不然农业生产也无法保证。恳请考虑。"[178]

1991年10月9日致信当时的林业部副部长雍文涛,指出:"我国林业当前面临的紧迫问题与我在近年来宣传的下一个产业革命中的'林产业'还有相当大的一段距离。目前的问题是还多少年来欠下的旧账;而我说的林产业是第六次产业革命,是21世纪后半叶的事(现在我们还在追世界先进国家正在兴起的第五次产业革命——信息时代革命)。

但我们也不能只顾眼前,我们应该在改造我国林业为木质原材料林业、公益生态林业及多功能林业的同时,考虑到几十年后建立我国林产业的问题,当前工作也要有长远方向。林科院专家人才济济,应该从现在就研究林产业的各方面课题。这是可以结合的,如三明市就已经把木材培育林业和造纸业结合起来了吗?浙江宁波也有个林场把育林与家具制造业结合起来了。这都是跳出单纯的育林,搞横向联合,用现代科学技术达到大大提高劳动生产率。这就是林产业。

将来公益生态林场也可以发展旅游业,康复医疗业等,也是横向发展。国家林业部要放开眼光,看到21世纪的社会主义中国,可能是15亿人口了,要成发达的、走向共产主义的中国!林业工作者的任务是艰巨而光荣的。"[179]

同年11月25日又致信雍文涛指出,"我国林业发展中的困难是深层次的,恐非林业部所能独家解决,应由林业部提出,请国务院下决心综合治理。……'中国林业发展道路'就涉及政治体制改革,经济体制改革"[180],需要从全局筹谋。

1992年7月24日致雍文涛信中指出:实现林产业"宏伟规划的科学技术宏观理论是'系统林学',见张嘉宾同志同名的书(云南人民出版社1992年4月),有林业第一产业、林业第二产业、林业第三产业和林业第四产业。

我认为中国的林业落后于农业,农业已开始了社会主义市场经济体制的改造,走向现代化高效的农产业,也就是充分利用现代科学技术的农产业。……中国的林业现在方向明白了,也要赶上去。但我认为我们还要抓紧微观改革,即一个林业生产单位,如森工局、个人及集体林场、自然保护区与国家公园等的内部企业运作体制。……公益林业既不以木材生产为目的,那就应该下气力抓森林的副业生产,以增加产出。这里有林中树木的各种副产品,如栎树;也有树上的寄生虫;也有林间各种动物和各种植物。这些副产品往往是珍贵药材,经济价值极高。……国家抓住林产业的改革,不断深化,到21世纪,在社会主义中国就会出现知识密集型的林产业,促进第六次产业革命"[181]。

1992年9月28日致信田纪云副总理:"请国务院在近期召开全国林业工作会议。"[182]

1993年5月17日致信当时林业部部长徐有芳,指出:林产业"(一)不是传统概念的林业,应该是通过森林为主的生物系统将阳光充分利用,转化为人所需要的产品,所以可谓林产业。它是林(加农、草、牧、渔、药)、工、贸相结合的企业。这个概念在附上姚文明同志的文章《用生态农业的观点试论林区草地的开发与利用》,可见一斑。这种生产方式是用系统的思想组织"大林业"经营,是高产、优质、高效的林业。(二)除国有林之外,要大力发展个体和集体的林产业,要发挥人民建设社会主义林产业的积极性。这样才能大大提高我国的森林覆盖率到30%以上。为此国家要有方针、政策,例如建立林产业的产前、产中、产后服务业,制定有关的法制、法规。

这方面林业是大大落后于农业了,可以吸取十几年来我国农业的许多成功的经验。我对

林业、林产业的意见就这两个方面。另外，国家林业部还兼管防沙、治沙，即我说的沙产业；对此也希望您关心，布置工作”[183]。强调并定位林产业的主管部门为林业部。

着眼于21世纪林业建设“要动员广大林业干部换脑筋，一是解放思想，真正投入社会主义市场经济；二是要实事求是，看看今天在祖国大地上涌现出来的民办集体林产业，林、果、木、畜、药和加工相结合的生物产业。这方面已有不少成功的例子，在山东省、在江西省都有。然后总结成我国新时代的林业政策，制定出21世纪中国的林产业规划、计划”[184]。并且指出：“林业界要向农业学习，向农村领导人学习，甚至向经营成功的山林个体户学习，更考虑林、果、药、畜、禽、工、贸综合经营，使林业变为林产业，效益成倍、成10倍上升。”[185]

理论工作是为林产业产业化建设基本任务服务的。1997年4月2日致张嘉宾信中说：“经过您多年的辛勤努力，我国贸-工林一体化的现代化林产业已有理论基础，下一步是实施的工作量！”[186]“现代中国的林业一定要产业化，而这除了企业化，面向市场之外，在科学技术方面也要有突破。例如：(一)林与果结合；(二)发展粮油林；(三)林业机械化以节约劳动力投入；(四)林地施肥等。”[187]“发展现代林业，即汇合林工贸为一体的林产业，除了科学技术，还需要有投资。所以您们也要参考农业界的新举措；引企业界投资林产业。”[188]另一方面，“开创现代化林产业，不能等国家的支持，那是计划经济时代的办法；在今日我国社会主义市场经济条件下，要从民间集资开始，待经营见成效，国家自然支持，今日我国的现代化农业、现代化草产业、现代化海产业无不如此。”[186]当他听说“昆明现代林业开发区”建设设想后，评价说：这一思想“是现代林业的一个示范，是集现代林业之大成了！”[189]

(3) 积极推动有关理论建设与实践发展工作

针对学科建设问题，钱学森指出：“我觉得现在世界各国都重视环境问题，于是有人提出环境科学，在高等院校开专业；也有人提出生态经济学，又开专业；还有人提出灾难学，出期刊……您现在又提出自然保护学，真是洋洋大观，众说纷纭。前几年，我看到这种情况，提出从系统的观点建立一门理论性的学科，叫地球表层学，包括所有这些东西；并把地球表层学作为地理科学(一大门自然科学与社会科学交汇的科学技术部类)的基础学科。我现在还是这样想。我是想把学科系统化！”[190]

在另一封信中，钱学森阐释道：“对西方国家讨论的很热闹的生态系统我十年前就有不同看法，我认为生物是在自然环境中的生物，所以，1)不能单讲生物(植物、动物、菌物)，还有地理情况；2)最重要的是人对环境的作用。因此讲生态系统、生态网络不能全面的描述现实，现实是人类社会所在的除人之外的整个客观环境。我称此为地理环境；研究地理环境的科学是‘地理科学’(不是古老的地学体系中的地理学)。见附上浙江教育出版社的《论地理科学》。

地理环境是一个开放的复杂巨系统，一般系统分析方法，如您的生态系统网络分析是无法解决此中问题的。对开放的复杂巨系统，美国 Santa Fe Institute 也研究，指出一般系统分析方法是不能解决问题的，并强调要有整体观。但直到现在他们不如我们中国人！我们设计了独特的处理开放的复杂巨系统的理论：从定性到定量的综合集成法(见《论地理科学》94页)而且实际试用了社会经济问题，并取得成果。”[191,192]

关于林产业内部结构问题，钱学森曾做过反复思考。1988年6月27日致尹润生信中说：“(一)四位两万字的大作很好，对中国林业发展战略论述正确。美中不足的是，对林业与生态环境、水资源、水土保持，以至农业生产的关系讲的不够充分。这也是人们不重视林业的

根本原因，只顾眼前，不看长远！

（二）您从林业经济的观点，讲了公益林，生产林和综合效益林，自然是对的。从所有制及经营方式论，可以分为国有林区林，集体所有林区林，平原农田林；即第一林业、第二林业、第三林业？其实不论第一林业、第二林业、第三林业都不同程度上兼有公益及生产的功能，都是综合效益林。

平原有农田林业，Agroforestry，那就不能有草原林业（Prataforestry）了吗？将来国家重视了，这可以是第四林业，会比农田林业（第三林业）还大。”[193]

同年7月4日提出：“黄土高原林也许是又一类林业。它不是山林（林区林），也不是平原林以及我在前信中提出的草原林，另有一格。”[194] 11月15日致张明吉信中进一步指出：“林业的种类，除习惯的山林和近来提出的农田林（平原林）外，还应注意到草原林、黄土高原林、防沙林及海岸林，共六种。我国认真抓了这六种林，那森林覆盖率就不是现在的百分之十几，而可以达到国土面积的40％。”[195]

钱学森认为：“按森林生态经济学办事，就是林业系统工程；前者为理论，后者为技术。”[196]“季天祜的‘第二林业’即我说的‘林产业’，也即您说的‘生态林业’……要以工业眼光看林业。”[197]实施工程建设要解放思想。“林业不能就是出木材，要综合多种经营。这是打破部门界限。前年中国林学会和中国造纸学会提出要林纸联营，并指出这是世界先进国家的一般做法。田纪云副总理很重视这个建议，国家召集林业部及轻工业部研究，最后决定先搞几个试点。现在搞得如何？林纸结合也只是综合林业，或走向知识密集林产业的第一步，长远该怎么办？”[195]

“我们还缺一个总的林业改革方案、改革政策——像农业那样在14年前，推出农田包产到户责任制，再加后来进一步完善的个体与集体相结合的双层经营制。同时发展乡镇产业，搞农、工、商三结合。用我的说法，农业已成为农产业，走向知识密集型的，以日光能量通过生物转化为基础的现代化产业——第六次产业革命（见附上复制件）。林业怎样跟上来，成为林产业呢？我想这不完全是自然科学技术问题，而是社会科学、经济科学和体制改革的问题。

怎么办？我想第一，我们要认真总结国内比较成功的林场的经验；第二，我们要认真总结国外比较成功的林业经验，如瑞典的林业经验；第三，我们要向我国十几年来农业迅速发展的成就借鉴；第四，从以上建立我国新时代林产业，包括林、工、商、农的新体制。要换脑筋，解放思想。”[198]

1987年2月21日得知“云南农业系统工程小组”正在筹备建设时，在致张嘉宾信中及时提出“应向林业系统工程委员会（属中国系统工程学会）转化”的建议。

1988年5月2日致信尹润生，建议对兰考人工森林“林果并举、乔灌结合、多林种、多层次、多效能的立体林业，实现林业生产、木材加工和购销一体化的林工商综合经营”这样农区营造速生林的经验，进行宣传介绍[199]。“同世界各国相比，我们的森林覆盖率要排列到100多位以后！近年来这个情况没有什么大的变化，是我国社会主义建设的一大问题。解决这个问题必须动员广大群众、科技人员和各级领导，对此《森林与人类》有一定的责任。”[200]

钱学森十分重视人才建设问题，当他得知张嘉宾的“‘系统森林学’研究得到云南省应用基础研究基金会的重点支持”后，认识到新时代林学体系将建立。1995年1月11日致信张嘉宾：“现任国家林业部部长徐有芳是很英明的，他提出的一系列林业政策都好。您何不向他建议办一所现代林业大学或一个研究生班？另外，现任党中央主管农林的是姜春云同志（政治局

委员),您也可以向姜春云同志报告。"[201]

1995 年 3 月 2 日致韩博平信中鼓励说:"1)您年轻,才三十岁;2)您是力学家钱令希教授的硕士生,而钱令希先生是我尊敬的同行;3)您思想活跃,对新兴学科有很大兴趣;4)您最新的研究课题是生态系统。上次信中我建议研究红树等'红植物'的耐盐基因,用以引入其他植物,以增强其他植物的耐盐能力。这件事已有人在做,就在离您不远的海南省海口市海南大学。在那里林栖凤、李冠一教授已育成耐盐豇豆,用的就是红树基因。"[191]

改革开放 33 年,我国林业建设取得了巨大成就。认真对照,不难看出钱学森林产业建设理论与实践建设在其中的重大贡献。面向 21 世纪,正如钱学森所关注的那样,我国林产业面临经济效益需要大幅提高、基层部门社会经济建设必须加强、第六次产业革命大产业间矛盾关系有待科学处理、科学技术支撑需求紧迫、中高级人才培养任务巨大等建设问题。高举钱学森林产业建设大旗,锐意创新,扎实工作,是完成建设任务,推进第六次产业革命高潮到来的基本保证。

17 草业产业的实践推动

伴随着第六次产业革命理论创立,钱学森最早开始了草产业方面的实践推动与建设探索工作。1984 年 6 月 8 日,钱学森以《草原、草业与新技术革命》为题投稿《内蒙古日报》,从草产业领域吹响了第六次产业革命的号角。从那时起,到 2007 年 24 个年头中,钱学森累计记录在册、单独关于草产业的论述与信件至少有 85 次。星星点点,历历在目,记载了人民科学家关于草产业建设的思想与行动指导的足迹。

(1) 在交流中不断完善草产业理论体系,广泛深入持久地进行宣传

1985 年 4 月 12 日致任继周信中,钱学森说:"我们讲的农业、林业、草业、海业和沙业不同于传统概念中的农、林、牧、副、渔,是知识密集型产业,因而也是高度综合的产业。例如草业中就包含有农、副、渔,……等,也包含工业。因此正如'Bio-dynamic Agriculture——An Introduction'(作者 H. H. Koepf, B. Pettersson, W. Schaumann, The Anthroposphic Press 1976 年出版,影印书号 F129/74)一书讲的,这种'农业'包括人类的整个生产活动,以及非生产活动。"[202]主要从产业地理分布特点与产业链进行了阐释。之后多次从不同侧面论述草产业建设内容。1990 年 9 月 17 日致信李毓堂指出:"草产业的概念不仅是开发草原、种草,还包括饲料加工、养畜、畜产加工。最后一项也含毛纺织工业"[203];同年 9 月 24 日又指出:"在下个世纪我们国家应该利用生物科学技术,通过饲料加工,把下列现在作为废物的东西生产大量畜禽的饲料,使饲料年产量比现在扩大几十倍、几百倍、上千倍。畜禽粪便,畜禽产品加工中的废弃物,城市粪便及部分垃圾,草及农作物秸秆,木本植物叶、枝,工业废液、气、物,当然还要加工菌种和添加剂。饲料工厂还可以产生沼气,除供饲料工厂自己用之外,可能还会作为燃气供生活用。……这关系到我国 21 世纪的食品供应大问题。"[204]

对于草产业英文名称的确立经历了八年多的过程。1986 年 5 月 9 日致信任继周指出:"草业的英文词似可仿农业的 agriculture(agri 拉丁文为田野,culture 是种植经营),而用

pratuculture 或 prataculture，因 pratum 拉丁文为草原，而罗马文的草原为 prataria”[205]。当他得知草产业领域科技发展有关渊源后，谈到：“王栋教授可称得起是中国现代 Prataculture 的创始人。”[206]

1987 年建议“草业系统工程英译似可用 Pratacultural systems engineering”[207]。当国外有人对此提出异议时，明确指出：“Pratacultural System Engineering 一词不能改，要教育洋人。教育的方法是在论文英文稿一开始加一段解释。”[82]时隔 8 年，钱学森在考虑农林草海沙五业英文名一致性时提出：“对草业译法为：Praticulture，不用 Prataculture，其他四业则是：农业，Agriculture；林业，Arboriculture；沙业，Deserticulture。”[208]（海产业为 Mariniculture）后经与任继周商榷，确定维持用“Prataculture”不变，谦逊地说：“您对草业的外文译名的意见我同意，就不再变动了。将来也就说：任继周教授为草业起了外文名称，以此载入史册。”[209]

钱学森对于草产业范畴有清醒的认识。1985 年 12 月 28 日致信余复陶指出：“农产业中的种草，以促使综合发展，所以可以说是微观草业，不是我所说的农业型草业，即宏观草业。宏观草业或草产业是在大草原发展的以草为基础的综合其它种植、养殖、加工的大产业；将来会在内蒙等地出现。微观草业当然也很重要，您的文章讲的很清楚，但这是农牧渔业厅管的，自然这方面工作也就归他们领导了。”[210]

对于草业系统工程问题，钱学森指出：“系统工程是处理复杂组织管理工作的现代化科学方法，而草业是一个新的产业概念；所以不能说系统工程在农学范围、范畴的应用就出了草业，出不了。草业也就是草产业，是以我国北方大面积草原为基础，以种草、收草开始，用动物转化，多层次深度加工，包括食品工业、生物化工等综合利用的知识密集型产业。草业立足于草原，以草为主干。将来实现了，生产净值会到每亩草原年一百元。这是要经过长期努力的，可能要到建党一百周年之后。我国南方的草地，也要种草养畜，但那是附属于另外两个知识密集型产业的，农产业或林产业。所以按我的想法，只有您们开始干的才有可能发展为草产业。南方草地，不是草原，只能作为农产业或林产业的一个组成部分。这样认识草产业（或草业），草产业就是一个非常复杂的生产体系，为了管好，就一定要用系统工程的科学方法。这才是草业系统工程。所以草业系统工程实际是草产业的组织、经营、管理的学问。”[211]

1987 年 8 月 14 日在致王明昶信中进一步指出：在草业系统工程建设中，要认识到“提出草产业、草业系统工程都是外行人的呼吁，算不得什么；是要有您们这样的行家实干，才能有结果。

……草产业的确在于‘种’‘养’‘加’‘产’‘供’‘销’综合‘一条龙’，但我们要把全部现代化科学技术用上去也非易事；所以我以为要做长期打算，现在打基础，一面力求取得效应，而开花结果，大概要在二十年后，21 世纪了。这样草业系统工程理论与应用研究在一起步就应考虑：根据全部科学技术成果，有什么可以为草业系统工程利用的？眼光放开，‘种’如何改进？‘养’如何改进？‘加’如何改进？‘产、供、销’如何改进？不要局限于当前的做法。例如：种草施肥、用化肥如何？只有这样才能考虑到下个世纪实现第六次产业革命的宏图。有了长远的观点后，再回过头来，结合现实，您的七个试点，制定工作计划，一步一步去实践、在实践中会提出新问题，会要修改原拟的计划。我在此强调解放思想，按辩证唯物主义去做，是又一次产业革命的大事！”[212]在这里强调草业系统工程的实践性，描绘了草业系统工程的实施基本战略。

钱学森关于草产业建设的认识，也是在交流中不断深化的。1992 年 4 月 2 日致信李毓堂指出：“我以前与您谈到的是知识密集型草产业中偏于 1）科学技术方面的问题；2）一个草原小

区的草产业'微观结构'。而上述三篇文章则是讲自治区领导以至国家领导要做的事:跨小区以至省区之间、行业之间的宏观协调,它涉及经济、法规、行政方面的工作。这些方面对知识密集型草产业也是重要的,缺了这些工作,也不行。"

钱学森始终认为草产业建设宣传工作十分重要。他认为:"《中国草业科学》改刊创刊是大好事。"[213]在1988年2月15日致王明昶的信中,他指出:"近见《内部参考》1988年2月8日期(第12期),4页上就有一段文字说,我国人民吃肉不能靠草原。其理由是三十年来统计数字说明草原畜牧太困难,不如在农区搞肉吃。您可以找来看看。照此说法,我们讲的草产业就走不通了。我看说这种话的人是目光短浅,看不到现在科学技术的强大威力,草原就不能进入良性循环吗?

还要多作宣传解释工作,为什么不把张曙光同志前年的讲话公开发表?再就是宣传试点的成就。国外草原经营的好经验也要介绍,以开阔人们的眼界,解放思想。"[214]

在1989年11月21日致王明昶的信中提出,"我们宣传许多年的事业是这个社会主义物质文明建设的大事","我们应该区别草业与草产业。现在大家只是把畜牧扩大到草业,看到草及饲料生产的重要性了。但离知识密集型的高度综合、多种经营的草产业还有很大的距离。我想草产业在我国40～60亿亩草原、草地上的实现,大概是21世纪的事了。因此,草产业的经营管理技术——草业系统工程,还有一段漫长的、从实践经验到理论总结的路程。性急是没有用的。现在是宣传草业,指出草产业的伟大前途,发展草业系统工程的意义。"[215]

在1990年1月27日致李毓堂的信中,他提出:"我为什么说这么多农业问题?因为农业最受国家重视,因此已搞出了一套社会主义农业的总体设想和制度。其他如大的林区,也成立了林区企业,是大型企业了。近见报载内蒙大兴安岭林区公司的经营,也是育林、木材加工和多种经营并重。将来可以搞福建省季天祐高级工程师提倡的林纸结合的企业。至于规模较小的,1)林草结合的山区综合治理;2)林草农结合的南方草地。都可以用农业的体制,家庭联产承包与服务技术集体公司相结合。

草原草产业是目前最差的。但根据以上所述及您的《中国草业建设十年成就发展趋向及优化战略建设(初稿)》,我以为大的轮廓还是清楚的,即1)草原土地全民所有;2)草牧畜结合牧户联产承包,(要加"畜",不能"共有私养"),可以土地面积承包,面积几百亩至千亩;3)组织服务集体公司,包括屠宰公司,副产加工厂,饲料加工厂,草种公司,飞播公司,……;这是要投资的;4)政府组织及地区建设。

以上四条,后两条最难,现在无人管,国家农业部也顾不上!而且需要为40多亿亩草原投资几千亿元!"[216]指出草产业地区建设面上协调管理工作难度大,是关键。

在草产业宣传中,钱学森十分重视典型的作用。1994年1月4日致李毓堂的信中,他说,"当前中国草业协会的一个主要任务是为草业、进而为草产业,多作宣传。对怎么宣传,我提以下三点意见供您们考虑:

(一)在全国找草业的典型,不拘大小都可以是典型。什么样典型?自然是走在前头,有示范意义的。在农业或农产业就有江苏江阴华西村镇,河北唐山市半壁店村等。

(二)要借鉴。如附上复制件讲周口地区利用农作物秸秆氨化后养牛,又发展牛肉制品工业,从皮鞋、皮衣、皮件到人工牛黄、牛血清等,牛粪还可以发酵产沼气,粪渣还田作高效肥。草业或草产业不可以由此借鉴?草地施肥,高产草料,草用机械收割,氨化后养牛,牛产品加工,牛粪产沼气,粪渣还地。这样牧民也可以'奔小康',户收入上万元至数万元一年。

（三）必要的科学技术是已有了的，任继周同志那里成果千万项”[217]。

1994年7月31日致任继周的信中，他又说：“我仍坚持宣传第六次产业革命，也有些人赞同，尚未得到中央和国家认可。还要努力！”[208]在随后10月23日的信中他进一步指出，“我一直在宣传的是农业、林业、草业、海业、沙业的进一步发展，要几业结合，再加工、贸，形成知识密集型的产业体系。这在农业已有好典型：华西村（镇）和刘庄。草业有没有？

这个草产业的问题十分重要，是关系到21世纪要出现的第六次产业革命。我近见您写了书序的李毓堂著《草业》，也想到这一问题，所以写信问李毓堂同志国内有无如华西村、刘庄那样的草业→草产业的典型。您知道有？还是没有？草产业是社会主义的企业了，不仅需要科学技术，而且要经济、政治、法制、金融等方面的能力，信息在这里就非常突出。”[209]

钱学森对于草产业的建设步骤、建设目标及美好未来有过多次描述。在1988年4月13日致王明昶的信中，他指出：“现在草业（草产业）当务之急是把几个试点办好，逐步提高综合利用，向年亩产值100元奋斗！”[218]

1992年1月1日致李毓堂的信中，钱学森提出：“知识密集型的草产业可否用一句话来概括！即：这个草产业要最有效地把草原草地草滩上的太阳光能，首先通过植物、然后动物，再加水资源、能源及其他工业材料的投入，最后产出的是直接上市场零售的商品。所以是草业加深度加工业。”草产业的理论“已有了个初步的框架，今后还要在实践经验的总结中不断提高。这几年，我国草产业已有不少成功的试点，从实践中证明草产业的概念是可行的，大有前途。但也要看到，已有的成就离知识密集型草产业还有很大的距离；我说的第六次产业革命还未起步。因为生物科学60年来的科学革命和高新技术，在草产业的应用还差得远（见全国高技术新技术农业应用学术讨论会专家组报告《高新技术农业应用的成就和展望》）。真正知识密集型草产业的出现，中国的第六次产业革命，将在21世纪下半叶。

所以草产业协会要大力宣传知识密集型草产业及第六次产业革命的光辉前途，要看到21世纪！光明的未来！

看到美好的未来了，中国人就要通过革命的实践去创造这个未来。这就是研究困难和障碍在何处。现在许多领导同志讲我国社会主义建设就是不提草产业；内蒙古王群书记去看了引黄灌溉种草养畜的试点并给以充分肯定，当王群同志于1991年12月28日《科技日报》1、2版上讲科技兴内蒙古的文章，提到了97个大中型企业，但就是一字不提‘草’！‘八五’计划和十年规划对‘草’就讲得最少！这必有深层次的原因，60亿亩地的大事啊！草业协会应该下功夫探讨这个问题”[27]。这为整个草产业界工作者提出了明确的任务要求。

钱学森关心草产业具体建设理论问题。1992年3月12日致王明昶信中谈到：“林网化的牧地面积全国已有579.5万亩，占宜林网化牧地面积的9.3%。从此计算，林业部认为全国宜林网化牧地才0.623亿亩。此数似太少了，可能只包括南方一部分草地。因此就提出一个问题：北方草原完全不必要考虑林网化吗？林网化没有好处吗？这个问题似应引起您和草业系统工程同志的注意。”[219]对林产业、草产业的关系表示认真关注。

（2）组织机构建设

钱学森从系统工程建设高度出发，对草产业管理机构、管理体系及管理机制建设始终作为最重要的建设任务来抓。1986年5月9日在致任继周信中指出若干点：“（一）农牧渔业部起码应该有个草业局，您何不向中央建议？（二）现在我国人民的营养就是动物蛋白质少了些，所

以发展草业是建国大计，是三个面向所必需的。（三）草业系统工程的呼声现已喊出去了，所以应继农业系统工程委员会之后，在中国系统工程学会中成立草业系统工程委员会。”[206]明确提出了行政管理体系与学术团体建设问题。在平行组织建设关系方面，1986年5月31日致任继周信中明确指出：“草原上大规模经营的产业才是草产业。至于在农田或林地附近、间隙的草地，其经营是农业或林业的一个组成部分，不属草业。草业必须以草为主。这样农牧渔业部要有个畜牧局，林业部也可以有个畜牧局，下面有个小小的专管种草的科，都是理所当然的。草产业“应独立于农、林部门之外，在国务院设草业总局。”[220]

钱学森不仅在草业领域宣传草产业组织建设，也亲自推动有关建设工作。1989年1月24日致田纪云信中说：“奉上几个关于草原草业的材料：（一）甘肃省草原生态研究所所长任继周来信及他在七届全国政协的提案。（二）我在1985年写的两篇东西。

不久前原农业部部长农业科学家杨显东对我说：‘60亿亩草原地比耕地大4倍，是极大的一笔财富；可惜现在已沙化20亿亩，如不大力抢救利用，是我们的罪过。’

我看这60亿亩要区别对待：有大约15亿亩是在农区或林区的草地草山，这些仍属大农业或大林业，可归国家农业部或国家林业部管；农业部现在就有畜牧局。问题最严重的是43亿亩草原和大约2亿亩沿海盐碱草滩，这45亿亩潜在资源不受重视。不受重视，因为45亿亩年产值才几个亿！但我们要看到，搞好了，真正运用现代技术，年产值可以达到几千亿人民币！

但这是一项社会主义建设的长远事业，45亿亩的事业要用几十年的艰苦努力，不能放在眼前工作已经十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局，专管草原及草滩。将来到21世纪，国家会有草业部。”[221]

在另一封信中钱学森强调指出：“我仍坚持在国务院设置草原局的意见。这个局专管在我国北方40多亿亩草原产业，农区草场归国务院农业部，林区草地归国务院林业部。我坚持要设国务院草原局，因为这是件社会主义建设的大事，搞好了，用上现代科学技术，系统工程，这40多亿亩草原的年生产总值可以达到几千亿元。这么大的事，不设置国务院专职机构怎么行？这本身就不是科技问题，而是政策问题——宏观国策。”[222]

1991年9月2日致李毓堂信中再次提出：“近日来又翻看了《全国草地区域开发规划和“八五”计划纲要（1991—2020年）》及《“八五”——“九五”期间全国草地区划开发工程重点项目计划表》，感到明确地提出要设国家草业局及十二个省、自治区的草业局，这是非常好的。”[223]对基层主要草产业省、自治区分别设立草业局进行了探讨。

在草产业学会组织建设方面，也做了积极推动的工作。1986年3月14日致苗永庆信中指出：“近在报纸上常常看到草原建设的好消息，非常高兴！《人民日报》1986年3月10日头版头条的报道还提出了‘草原系统工程’这个词。我是鼓吹系统工程的，看了不免想起成立草原系统工程学术组织，可能是时候了。我国系统工程的学术组织是中国系统工程学会，是中国科协的一级学会；其中有各专业委员会，例如农业系统工程委员会（主任委员为石山同志）。现在似该成立一个草业系统工程委员会，而主要支持单位就可以是内蒙古畜牧科学院这样的单位。又：如要与中国系统工程学会联系，可以找该协会副秘书长、国防科工委科技委王寿云委员。”[224]另一次在1986年6月13日致信王明昶说：“关于成立中国系统工程学会下的草业系统工程委员会以并列于该学会下的农业系统工程委员会，我以前也同兰州草原生态研究所的任继周同志谈到过，他也很热心。中国系统工程学会及其下面的专业委员会都是全国性的，不是地区性的，宜团结全国力量组成。”[225]上述努力促进了“成立草业系统工程委员会，作为中

国系统工程学会所属的学术组织，此事中国系统工程学会正在研究，想不久即可有回音。”[226]

建设学会组织后重要的工作任务是要完善学科体系。1991 年 1 月 15 日致王明昶信中说：“中国系统工程协会草业系统工程委员会及草业协会的成立，对内蒙古草业系统工程学会的成立，我谨表示祝贺！从历史更看到前途远大，草业科学将与农业科学、林业科学并列。现有中国农业科学院、中国林业科学院，将来 21 世纪不该有中国草业科学院吗？请考虑草业科学的结构体系。”[227]同时了解与解决实际问题。“前几天读到全国政协去新疆、内蒙古等地的调查报告，又说明不科学、无知，是要办错事的。所以中国草原学会要发挥作用！”[228]

在协会、学会组织机构成立情况下，行政组织机构建设成为重要建设任务。“草业协会即将成立是好事。我也希望中国草原学会能搞起来。近日报载全国治沙工作会议的消息及江总书记李总理致会议的信，以及大规模治理利用沙漠的十年规划，感到这是由于有国家林业部高德占部长在抓。对草产业，国家草业局是该设立的，不然现在的十年规划和“八五”计划也会落实不了。”[229]在另一封信中他指出：“我国有 60 亿亩草原和草地，可开发利用的就有 45 亿亩，而现在实际开发利用的仅 2 亿多亩！什么原因？您多次讲过，是国家投入太少，每年才二、三千万元，还处于不能保证的状态。但我认为，这是个更高层次的问题：国家政策问题。我国农业的大发展不是靠党的十一届三中全会后的农村政策吗？没有十四大以后的、合乎时代要求的国家对草业的政策，光说投入不够，是解决不了问题的。

草产业不搞草、农、工、贸综合经营是不能走向第六次产业革命的。以前建议的国务院设草业局是不够的了，国家要有国务院草业部。为了推动我国的知识密集型草产业，中国草业协会应向国务院领导上‘万言书’，作为学习党的十四大精神的体会。”[26]钱学森再次表达了建设国家草产业行政管理机构的坚定认识。

1991 年 10 月 8 日致李毓堂信中说：“阜康南山已有了草业的开始，如投入科技力量抓住不放，一定能成为北方草产业的典型。有了典型就能说服人了。为促使中央决策，可否由草业协会写个有力量的报告，上送中央国务院？请考虑。”[230]仍在做推动工作。

(3) 草产业建设与实践推动

同在其他产业中积极推动建设实践一样，钱学森在多种场合积极鼓励与支持草产业建设实践工作。1985 年 9 月 12 日致苗永庆信中指出：“内蒙草业发展形势大好。1984 年人工种草，改良草地和围建草库仑共 1645 万亩。但此数仅内蒙 13 亿亩草原的 1.27%，还大有可为呵！祝内蒙草原草业新技术开发中心前途无量！”[231]同时致信任继周：办“‘内蒙古草原草业新技术开发中心’……您是草业的热心行家。您一定能帮助他们。”[232]

关于建设草产业试点，需注意：“(一)要逐步发展人工种草、施肥；(二)要逐步搞牧草收割，运到饲料加工厂加工；(三)大力发展饲料加工，现在全自治区饲料加工有发展，已将近每年约二十亿斤；但还不够，全区将来年产应是数亿吨；(四)要逐步实现集中工厂饲养；(五)综合深度加工；(六)草产业要包括多种饲养业，如微生物(单细胞蛋白)；(七)运用系统工程搞好复杂的经营管理。以上都是为了提高经济效益，达不到荷兰的水平，也要做到新西兰的水平，每亩草原年产值为 80 元人民币！这是一项多种专业协同共事才能办成的，所以一定要团结各方力量；如内蒙古畜牧科学院的苗永庆同志您知道吗？他说他们要办‘内蒙古草原草业新技术开发中心’。[233]在另一封信中他说：“先从奶、肉、毛、绒四个类型做起很好。但这只是开步走，各有其本来特点，而草产业则是综合性生产事业，也只有综合才能达到最佳效益。所以还要深化发

展。张书记的‘念草木经，兴畜牧业’讲话，我已在内蒙古科协学会部的《领导与科学家对话》第22期见到全文，很受教育和鼓舞。”[234]并且推荐“中国系统工程学会副秘书长于景元同志（通信址：北京市航天工业部710所），多年来一直从事系统工程的实际工作，有理论、又有经验。”讲解草业系统工程理论与实践问题[235]。他鼓励王明昶“在我非常高兴您要在距市不远的地方建一个‘草业系统工程试验站’，因为只说不够，要实干才能开创草产业”[236]。

钱学森对王明昶曾说：“对用系统工程的草产业，实是以草原为基础的草、牧畜产加工、饲料工业、畜产制药，以至皮革制品、商贸的综合性产业体系，所以要用系统工程来组织经营。因此，也是知识密集型产业。一旦真正做到，按人口平均，人均年收入到5000元是可能的。我希望在您的组织指导下，内蒙古自治区能出现这样的草产业示范场点，如同农产业的江阴华西村！”[237]

1986年11月28日致任继周说：“您亲自动手在四川凉山等地承建开发项目一事，表示敬意！祝您成功！内蒙古自治区党委书记张曙光讲：‘中国草业有千年的历史旧帐要总结！不然认识提不高。’”[238]这里突出强调了要注意草原发展历史文化的总结工作。在1990年4月12日致任继周信中强调试验站建设与学科建设的关系。“（一）您的《规划》我最感兴趣的是其11页一、二行的那句话：‘筹办甘肃农大草业学院，……在一定程度上使组织上成为一个实体。’因为草业是草产业，高度知识密集型的现代化产业，其经济效益一定很高；故如能办好7个试验站，使成为草产业企业，一定能支持草业学院。您如能在21世纪初完成此任务，是了不起的。祝您成功！（二）草原科学一词似只是草业或草产业所需科学技术的一小部分。……令人发愁的是上面忙于燃眉急事，草业、草产业上不了议事日程！无可奈何。”[239]在此对行政管理体系建设推进不理想表现了急迫感。

另一方面在国家规划中要对试验示范进行具体安排。“面向21世纪的社会主义中国一定要开发知识密集型的综合草原草地产业。当然这是一件要用现代科学技术的系统工程，要探索，非一朝一夕之功。所以规划和计划中一定要有草产业的试验示范点，可以设三个：北方草原一个，北方草山草地一个，南方草山草地一个。

近见《经济日报》1991年8月29日1版有新疆阜康县的报道，似具备搞北方草原试点的条件，一万多哈萨克牧民现在已全部定居，有些定居点还利用太阳能发电照明，建围栏，是原来的传统牧业生产向现在畜牧业转变，而且阜康县距乌鲁木齐市才约100公里。《重点计划表》的‘二、12’项有阜康县，但那是讲整个阿勒泰地区的，不集中。能不能选阜康县为北方草原的草产业试验示范点？将来年产出应是几个亿。”[223]

在1992年3月23日致李毓堂信中说：“近见《求是杂志》1992年6期内蒙主席布赫的文章：《发展现代化畜牧业、建设社会主义新牧区》，很受鼓舞。我们这几年来说的‘知识密集型草产业’已在内蒙古草原上隐约可见！您们的草业协会似可以此为总结经验的据点，搞出一套草产业理论，建立‘草产业学’。”[240]强调及时进行理论总结。

钱学森对南方草产业建设也十分重视。他注意到：“海南省白沙县的成绩的确引人注目，我只提一点：能否与畜产品深加工企业联营，将肉食制成塑料袋装直接上市，畜脏可提药者直接制药，下脚入饲料。这样才是草产业，经济效益一定很高。白沙县的地理条件比较优越，这应能做到，也就成为全国的草产业示范了。”[241]

1995年2月4日致李毓堂，提出他的认识：“《镶黄旗进行牧区运行机制和管理体制改革》，讲了这个总人口不到3万人的旗，就临近河北省之便，已先行一步，建立了小行政，把原来

旗的商业、粮食、物资、牧机等四个局转为企业；再结合由旗食品公司冷库为龙头成立了牧工商联合总公司，下有技术综合服务体系。再明确草场制度与产权关系，调动了牧民的积极性。全旗形成了一个从治养草场、牧畜、畜品加工成肉食、绒毛等市场商品一条龙的组织。这是现代化草产业了。

我读了这篇报道后心里非常高兴，您要创立的草产业有了起步了！进一步发展是提高草场质量、改良畜种、产品深度加工，佐以交通信息建设，则镶黄旗人均收入年数千元是指日可待的！"[242]对调动牧民的积极性，牧工商联合经营，技术服务体系建设给予了特别重视。他还认为"我非农学工作者，对草业只能从大的方面，社会主义建设方面做点宣传工作。我认为问题在于要建设一个合乎社会主义市场经济和现代科学技术的草产业体系，不然只从技术方面推是推不动的"[243]。

1996 年 1 月 6 日致李毓堂信中说："姜春云副总理对李昌同志、孟昭文同志和您的报告所作批示很重要。姜副总理对农业型生产的产业化很有经验，任现职一直在抓这方面的工作。在去年 12 月初，他就组织国务院有关部委大力支持甘肃省委省政府召开的武威、张掖地区开发沙产业的讨论会。这个会有宋平同志参加。会议展示了高科技对农业型生产的作用，很有说服力。现在河西走廊的沙荒地已实现'西菜东运'，农民也富裕起来了。此事可以为草业借鉴。

甘肃省不是也有草原，而且是任继周教授的研究所所在地，能不能办几处草产业示范点？因宋平同志原是甘肃省领导，现在他又很关心农业型产业的开发，您们是否可以向他报告草产业问题？"[244]再次强调积极争取中央支持，推动草产业迅速发展的基本思路。

(4) 殷切希望

钱学森对草产业充满希望。1986 年 5 月 9 日致任继周信中曾提出："能否在 2000 年把我国的 60 亿亩草原单产值提高到 80 元？年产值 4800 亿元？"[206] 1989 年 8 月 16 日致信王明昶说："我做的只不过党所领导的、有千万科技工作者参加的伟大科研系统工程中的一粒小芝麻，真算不上什么。一切成就归于党、归于集体！您的工作大有希望，您才 60 岁，您 80 岁的时候，中国的草业或进而发展成 21 世纪的草产业，一定要赛过新西兰、澳大利亚！"[245] 1999 年 1 月 10 日在致李毓堂信中说：看了送来的文件，"深感在您和中国草业协会的推动下，我国的草产业已开步发展，真是世纪之交的好消息！"[246]他用自己的满腔热情感染着草产业工作同志不断进步。

(5) 伟大的科学精神

在与草产业工作者的长期交往中，钱学森不时流露出伟大的科学精神。1986 年 7 月 22 日致王明昶信中说："称我为'教授'不合适，中华人民共和国从来没有给我这个职称；所以称'同志'为妥。"[211] 1989 年 8 月 19 日致任继周信中说："美国佬给我发奖章，我觉得没什么。因为对一个中国科技工作者作评价，最有权威的是人民，而不是一个美国的什么评审委员会！但 8 月 7 日江泽民同志和李鹏同志代表党和国家接见了我，这可是中国第三代领导人对中国科技工作者的重视，您和我都会感到鼓舞！我们要努力！"[247] 1990 年 8 月 30 日致王明昶信中说："其实在外国连系统工程是什么，也是模糊的。中国人比洋人高明，请千万不要向外国人低头。"[82] 1998 年 2 月 15 日致李毓堂信中谦逊地说："我最多只够得上您的'草友'而已！"[248]

钱学森十分关注草产业建设与发展问题。从1984年至今,已经27年。在此期间,在各方努力下,全国建立了草业科学1级学科,以草业命名的专业、研究部门、企业、杂志、网络大量涌现,取得了巨大进步。但从总体来看,由于多方面原因作用,我国草产业建设仍然步履艰难。我国草产业建设的理论仍未在学科范围内普及,草业科学技术体系仍未形成,草产业发展与草原地理发展之间的关系上仍然存在模糊认识,与钱学森曾经预计的进程存在较大距离。未来发展中应当从管理体系、科教体系、生产体系领域,从经济、法律、社会、科技、人才等方面开展系统建设,努力在建党100周年时启动草产业建设,在建国100周年时实现建设目标。

18 海业产业的实践推动

关于海业产业(下简称海业)建设行动,钱学森结合实际,采用了以点到面,点面结合的推动方法。1984年10月10日在致山东省荣成县县委办公室信中对荣成县说:“发展以渔为主的沿海经济的报道,深感其重要性”,指出应当认识到“在21世纪就能在您县出现一种新型的知识密集产业——海业。”[249]同年12月23日在中国农业科学院的报告中也做了阐述。

两年之后,于1986年7月28日致国家海洋局严宏谟,谈到:“两年前我受到报纸报道山东荣成开发海洋搞生产的启发提出创立知识密集型的海产业——‘海业’。后来学了这篇附上的文章,在中国农业科学院学术委员会上也讲过;也给荣成县委去过信。但看来农口的同志还在忙于许多眼前亟待解决的事,无暇顾到海业。”[250]他进一步指出,海业“是一项长期的工作,真正搞起来大概要到21世纪了,所以是‘第六次产业革命’的一部分”,他询问国家海洋局能不能牵头这项工作?得到了肯定的答复,于当年底召开了“开发海岸带”的会议[251]。

海业建设还应考虑开发离岸较远的东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛及南沙群岛,以有益于国防建设。1987年12月9日致严宏谟信中指出:“我国过去未顾得上开发南海诸岛,而周围一些国家因此有染指之念(见近日《参考消息》复制件)。现在国家已决定建立海南省,虽以海南省为主,但似亦应包括东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛及南沙群岛等。今天开发这些离岸较远的小岛,其必要的科学技术是具备了的,如风力发电、海水温差发电、海水淡化、无土栽培等,所以我以为国家应列入议事日程。”[252]1994年11月13日又进一步提出:“在1998年的第九届全国人民代表大会的会议通过成立国家海洋部,海洋部主管:1)生物海产业;2)海水业,海水淡化,化工;3)海矿业,石油、天燃气、矿产。”明确指出:“这是21世纪中国的需要。”[253]

钱学森同时进行面上管理部门的推动工作。1992年7月27日,钱学森曾致信山东省人民政府赵志浩省长,介绍海业及第六次产业革命理论[254]。同年8月18日致信田纪云副总理,提到:“近年来我一直在宣传以现代科学技术开发传统的海水养殖、海洋捕捞和水产品加工,成为知识密集的海产业,前日从山东省人民政府赵志浩同志那里得到《山东省今后十年及‘八五’期间海洋产业发展规划(征求意见稿)》及《海洋专家就实施‘科技兴海’提出重要意见和建议》,读后感到我国海产业(‘海洋产业’比海产业范围更广,包括了海洋能源、盐业、海洋化工、海洋交通运输等)在山东已有很好的开始。今将两份文件呈上,请考虑是否可由国务院召开一次海产业会议,有山东省、辽宁省、河北省、天津市、江苏省、浙江省、福建省、广东省、广西、海南省等参加,讨论发展我国在本世纪及21世纪海产业的问题。”[255]1997年12月13日致信新任国家

海洋局局长张登义，再次指出："中国国土面积有 300 万平方公里是海洋，我们应在 21 世纪加大对海洋的重视。我建议将现在国家海洋局改扩为国家海洋部。"[256]

在科学技术方面，钱学森热情鼓励科技人员积极进行关于海业建设的研究与思考。当他得知山东省荣成县第六中学李明伟老师的研究报告《十里以内海岸带养殖贻贝是迅速解决城乡人民蛋白质来源的捷径》，亲切称他为"天涯知己"，表示将他的意见与报告要带到国家海洋局的相关会议上[251]。1991 年收到张海峰《21 世纪初世界海洋经济发展趋势和我国海洋经济发展战略的探讨课题研究申请报告》、《第六次产业革命和海业科学技术——海洋生物发展战略研究》后，复信指出："我很高兴地知道您对'海产业'有兴趣，因第六次产业革命中的其他四业农产业、林产业、草产业及沙产业现在都在研究(农、草在国家农业部，林、沙在国家林业部)，就差海产业了。我也见《人民画报》1991 年 9 期 2－7 页有《人与海——山东荣成印象》的报道，也实际上讲了海产业在我国已有了开始。您选的课题是大有可为的。"[257]建议他与国家海洋局联系，钱学森认为："其他四个农业型知识密集产业都在国务院部门，海产业也应如此，请您找国家海洋局。"1996 年 6 月 12 日致隋映辉，指出："科技产业是新时代的重要产业，我称之为第四产业，以区别于服务产业的第三产业，是现在及 21 世纪的重要产业。"[258]

钱学森同时关注海产业关联产业的建设工作。1994 年 4 月 24 日致郑绵平信中提出了他对"盐湖农业"的认识："(一)'盐湖农业'不同于一般意义上的农业，是利用盐湖生态环境及日光，通过生物，生产商品，是农、工、贸与现代科技相结合的知识密集型产业。(二)因此开发'盐湖农业'需要科学技术，也需要交通。在青藏高原地区只格尔木才具备此条件。(三)所以'盐湖农业'决不是 100 万年前人类生存的情况，也不是大约 1 万年以前的原始'刀耕火种'农业。'盐湖农业'是 21 世纪的产业。(四)现在开发'盐湖农业'要做的第一件事是：根据所掌握的全部知识，通过设计计算，制定我国第一个'盐湖农业'厂的方案。(五)首先要明确的是产品。是胡萝卜素？是卤虫饲料？是甲壳素材料？有了产品目标才能区分生态中哪些是要促进的，要'施肥'，而哪些是不利于生产的，是'害虫'。然后还要设计加工工厂。再还要考虑原料和产品的运输条件。(六)有了'盐湖农业'的这样一个设计方案，就可以估测这一'盐湖农业'产业的投资和收益。也就有了招引第一个'盐湖农业'投资者的可能了。(七)以上设计'盐湖农业'工厂的工作您所在的中心不是都可以做到吗？您那里是盐湖资源发展中心嘛。经费多或少都能做这件事；经费多，做得快一点；经费少，做得慢一点；总可以办的，因您那里具备必要的知识与数据。"[259]鼓励他克服暂时困难，努力推进建设工作。

我国是海产业大国，海水产品始终占水产品产量的 50%以上，在世界范围内影响巨大。但是由于社会对海产业产品需求强劲，海洋生态环境压力持续加大，海洋生产组织管理体系与机制建设任务繁重问题，我国海产业建设仍然存在低水平、不稳定、不可持续发展等问题。未来发展中，应当建立与完善国家整体组织管理体系与协调机制，努力做好基层生产基础设施与合作组织结构与工作机制建设，制定海洋资源共享法律法规、建立跨部门、跨国合作机制，跨学科、跨环节、跨国科学技术合作机制，扎实工作，锐意创新，推动海产业全面、系统发展，为第六次产业革命建设助力。

19 沙业产业的实践推动

第六次产业革命理论创新完成后，沙产业的宣传行动启动较晚，但发展快，在理论完善与实践行动两方面建设成就突出，成为了第六次产业革命建设的佼佼者。

由《钱学森书信》记载得知，早期关于沙产业建设行动的信件较少。1985年8月2日在致沈荣骏信中提到："最近听伍政委传达胡耀邦同志再次号召科技人员和广大干部战士建设边疆，开创新事业；这也使我想起沙漠戈壁并非不长植物，并非无可作为，沙漠戈壁也可人工种植，永续利用(见中国林业出版社《治沙造林学》)。所以基地可在体制改革、精简整编中考虑，把一部分有志于此的同志编外地去开创这一事业(我称之为沙业)。如缺此方面的经验和知识，可以找中国科学院兰州沙漠研究所，同他们协作。"[260]之后就是1989年10月12日，刘恕作为中国科协副书记向作为中国科协主席的钱学森报到后，钱学森送给刘恕《创建农业型知识密集产业——农业、林业、草业、海业与沙业》、《第六次产业革命和科学技术》两篇文章，并且嘱托到："我有一个小建议：请您把多年来为"沙业"奋斗的体会写成一篇建设社会主义中国沙业的论文。此事只有您能搞，您既有理论，又有经验；而我只冒叫一声而已。这是社会主义建设的一件大事，让沙漠为我们服务！"[261]自此开始，沙产业建设进入了全新的发展阶段。有关建设行动分为以下几方面：

(1) 完善理论与规划行动

钱学森将沙产业建设的造林绿化功能，明确定位为"地理建设范畴"。在1990年1月11日致刘恕信中，钱学森指出："我国大约十多亿亩沙漠及半沙漠中总有几亿亩是可以造林绿化的，可能有30万平方公里的大漠可以收回作林地田地。这是一项重要的'地理建设'。"[262]随后的另一封信中指出："(一)地理科学的概念完全是竺可桢同志的，早在80年代他就把它明确了。从纪念文章看，现在我国地理工作者也是同意竺老的意见的。(二)习仲勋同志代表党和国家充分肯定了地理科学对社会主义建设的重要性。(三)竺老离开我们过早，而系统科学技术是在70年代才大大发展起来的，因此竺老不可能引用系统科学技术于地理科学。我们现在要完成这个任务，具体建立地理科学，从地理科学到地球表层学，到众多的地理科学技术性学科，到应用技术和地理系统和地理系统工程。(四)关于长江三峡工程的争议就要有地理系统工程来科学地解决。因为他不只是'高峡出平湖'，还有'三峡省'问题，上游水资源、林业及下游洪水防治问题，以及航运问题。"[263]沙产业的农业特征决定了它是农产业的一部分。"问题在于理解产业一词。我觉得把'产业'等同于'工业'，是古典的解释；而现在我们要突破手工操作的个体农业转为用现代科学技术的机械化农业，为了区别，这新农业就称为农产业。但在英语，他们对这现代化的农业仍称 Agriculture，未加 industry。所以沙产业就用 Deserticulture 了。"[264]

1995年在距离首次论述沙产业概念10周年之际，钱学森再次论述对沙产业的认识："什么是沙产业？沙产业就是在'不毛之地'搞农业生产，而且是大农业生产，这可以说是一项尖端技术！""发展尖端技术的沙产业，就是利用现代生物科学的成就再加水利工程、计算机自动控

制等前沿高新技术，一定能在沙漠戈壁建设成历史上从未有过的大农业，即农工贸一体化的基地。”[265]

钱学森不同意将沙产业扩大到沙漠沙地下面的石油、矿产等整个国民经济。因为“那是国家计委以至国务院本身的工作，建议的协调领导组织怎么干得了？理论上这样的沙产业已不是农业型的产业……国家林业部也无法管”[266]。

在另一封信中他指出：“从全国讲，沙漠化将会得到治理，会有所减少；但仍然是‘沙进人退’！什么时候真的‘人进沙退’？而且我们要根据实际条件，搞清最后不能绿化的沙漠戈壁有多少？文件中未见数字。这不能绿化的沙漠戈壁才是真正的沙产业基地。沙产业比治沙防沙要难得多。从另外一个角度看，治沙工作是一项社会主义地理建设。再看今年由于抗洪救灾，国家对水利建设重视了，也是社会主义地理建设。所以我们要抓住时机，为地理科学的建设，对树起社会主义地理建设的概念，再努一把力。这也是百年大计！”[267]从现实看，“现在国家对社会主义地理建设还是不够注意，而这是社会发展的必要条件”。[268]

钱学森将科学与政治结合作为他一生学习与工作的准则，注意科学实践与政治现实、国际形势的有机联系，在沙产业建设中也是如此。1992年10月27日致刘恕信中指出：“党的十四大对大家是莫大的鼓舞，会议决定要加强基础设施建设，用我们的话，就是加强地理建设和建设沙产业！裕钊（指中国科学院综考会田裕钊）同志提出的高技术沙产业是前途无量的，所以在今后几年国家体制改革中，国务院应设国家沙业部。从防治沙漠化及风沙化土地5.6亿亩入手，再向沙漠戈壁17.4亿亩进军。我们搞出榜样，那中近东几百万平方公里的沙漠就可用核能淡化海水，改造成生产园地了，为人类做出贡献！”[269]

钱学森将沙产业建设重点定位在内蒙古与我国西半部地区。1993年10月28日致刘恕信中谈到：“中国西半部交通建设问题（我用“中国西半部”，不用“西部”，因为概念不一样），那是中国社会主义地理建设的大问题。《科技导报》1993年10期60－61页陈传友同志的文章提出了一个振奋人心的设想，调雅鲁藏布江水北上，这比长江三峡工程还大，应是21世纪的工程！我们为什么要这么干？因为像陈传友同志在文中讲的道理吗？当然是这个道理，但不止于此。因为中国西半部有众多的少数民族，他们同亚洲西部、亚洲东南部国家广大居民有共同的语言、文化传统，一旦中国西半部的社会主义建设搞好了，对他们必定有重大影响。这是世界社会主义的大问题！还有一个大问题，即21世纪中国社会主义地理建设的问题。这是我们现在就该动手研究的问题，不为21世纪社会主义建设创造环境条件，中国社会主义建设第三步棋怎么能开步？这里面包括：

(1)全国森林覆盖率应达35%以上。(2)江河治理。‘黄河清’！(3)南水北调及其他地区间调水。(4)交通网络建设，海港、江河码头建设。(5)高速铁路、高速船建设。(6)最大的问题是适应第五次产业革命需要的信息网络建设。(7)其他。这一课题就更宏伟了。中国科协能组织研究吗？我们要“面向现代化、面向世界、面向未来”嘛。”[270]

在具体战略部署方面，钱学森思考过“什么是人们通过努力可以化为绿洲的沙漠戈壁，什么是不能绿化只能用高科技开发利用的沙漠戈壁？界限在哪里？我想如果想用定量计算方法解决这一问题恐怕近期还没有条件，地理科学还没有发展到这个程度。怎么办？我想只能用宏观经验的方法。

这就是查历史档案，而我们国家有可能这样干，我们有千年、两千年的详细史案。这就是请教历史地理学家，如果现在的这块沙荒地在500年前是绿洲，那就可以绿化；如果现在的这

块沙荒地在100年前是绿洲，那更有条件绿化了。就这样绘制治沙规划地图，画出不同区域，近期、远期可以绿化的沙荒。如果查历史，此地2000年前就是沙漠戈壁，那就是不能绿化而只能就当地实况用高科技开发的了。这样就把徐有芳部长的宏伟设想具体化了。”他致信刘恕说：“您看这样行不行？如可行，那沙产业委员会能不能落实此事？请您作为主任来定。地质计时是以万年计，而地理计时则以百年计。”[271]强调“几千年的气候变迁颇有意义；这对沙产业来讲，是扩展了我们的视野。”[272]

钱学森曾经对沙产业与砂业（沙业）定义做过明确区分。1996年5月9日致瞿宁淑信中指出：“我和中国科协的刘恕同志多年来宣传开发沙漠戈壁，利用阳光搞农业型的生产，现已在甘肃省河西走廊有了成功的开始，是用塑料透光膜造大棚，取光保温，棚下沙地下铺隔水膜防渗，用滴灌节水种蔬果。我们称此为沙产业，是农业型的产业。他们也开过会议总结经验，并得到国家农业部门的支持。因此地理界同志提议的河床砂资源开采最好不称砂产业，可称砂业（沙业），以示区别。”[273]

对沙漠、戈壁建立自然保护区与“地球第三极”称谓给予关注：“《中华人民共和国自然保护区条例》中规定的自然保护区类别中有荒漠一项。那有代表性的沙漠、戈壁是否也应建为自然保护区？沙产业协会似应研究此问题并提出建议。”“在各种文章、文件中，常常出现‘地球第三极’字样，这是个严肃的地理科学问题，中国科协可否正式请中国地理学会加以明确？中国有地球第三极可是件全国人民和爱国侨胞极为关心的事。”[274]

对沙产业分区提出初步意见，指出：“沙产业也要根据气候、日照及地区降水、供水量的不同而区别对待。

例如：0级为年水量不足——（10－30毫米?）；

1级为年水量不足——（30－100毫米?）；

2级为年水量不足——（>100毫米?）。

0级为戈壁，只能种特种耐碱作物；1级为像甘肃河西走廊地区，可以用上棚下铺隔水膜，用滴灌；2级为例如赤峰地区，可以植树造田。”[275]

20世纪90年代中期，在张掖、武威沙产业实践取得重要进展后，钱学森认识到它的重要意义，他说：“我想沙产业的一套做法实际是高科技农业生产的试验，它现在已经在社会主义中国的沙漠化地区取得成功；将来这套做法还可以因地制宜地推广到全国各地，不限于沙区。如：1)在北方冬寒地区，搞反季节农业生产；2)在青藏高原，利用丰富阳光及地热能源，大大提高农产率，为青藏高原的发展做贡献（在拉萨附近已有试验，很成功）。这样看来，沙产业实际上是未来农业，高科技农业，服务于未来世界的农业！您们开了一个好头，前途无量！”[276]他强调指出：“沙产业实际是农产业的节水高技术化，在我国河西走廊的成功只是个开始。前途无量！裕钊同志提倡的无土栽培有发展吗？是大有前途的呵！”[277]

钱学森1992年8月17日致刘恕信指出：“巴巴耶夫院士要登我的那篇文章，我当然同意。您和裕钊同志若把此文译成俄文，那也是为中国和土库曼斯坦国之友谊做出贡献，是件好事！”[278]注意积极支持沙产业国际合作与发展。

（2）组织机构建设与机制建设

在刘恕调入科协工作半年后的1990年5月3日，钱学森就写信谈到成立“沙产业学会”或“沙业学会”，“成立此学会是为了先造舆论，宣传沙产业在我国社会主义建设中的重要性，并讨

论我国沙产业50年的规划。例如：在我国近20亿亩干旱区戈壁、沙漠及半干旱沙地选日光充足而又风沙不太大的1亿亩作为太阳能发电区，年均电功率即可达10多亿千瓦。再治沙造林造田，年均500万亩，50年即可改造2.5亿亩。余下的沙漠发展种植生产。这不是对祖国建设的巨大贡献吗？学会的研究讨论最后引起党和国家的重视，就有可能把有关科学技术力量组织起来，成立'沙业科学院'，在国务院设'沙业局'，最后在21世纪成立国家沙业部。"[279]制定了明确的建设行动方案。

钱学森对刘恕在沙产业建设中得到宋平支持十分珍视，指出："有机会向宋平同志和陈舜瑶同志当面讲了您二位在沙产业中的工作，并得到他（她）们两位的赞同和鼓励，真是件大好事。宋平同志一直很关心并支持我的工作：他在任国家计划委员会主任时（20世纪80年代初）就听取我对在计划工作中运用系统工程的汇报，后来又向江泽民同志介绍了我关于国家级总体设计部的建议。他是有远见的！"[280]对刘恕"当选为中国科学技术协会第五届全国委员会副主席衷心地表示祝贺！……您作为中国科协副主席将会有更多的时间促进我国的沙产业发展。真是件大好事，可喜、可庆！"[281]关切之心溢于言表。

钱学森曾经谈到："中国科协扫一扫过去在产品经济体制下的部门分割的弊病，走向开放的社会主义市场经济体制。中国科协也要现代化。"[282]对于时代进步的认识具有重要启示意义，对于争取多方支持几乎是不遗余力。1993年11月8日致信刘恕谈到："前几天那位印度尼西亚华人要向治沙工作赠30万港元，我希望能办成。也麻烦您和您的秘书了。"[283]

他"赞成积极筹备中国沙产业促进会，这是从事沙产业开发了，从科研前进了。我只有一点建议；在河西走廊发展起来的大棚式农业不但在甘肃大有作为，是地区的未来农业，听说在宁夏也已有发展，要促进。但一个更大的前途在青藏高原，解放军驻藏部队已在那里试验，很成功。所以我建议中国沙产业促进会要去那里考察，有了情况后，再提出青藏高原农业的方案"[284]。2002年内蒙古自治区沙产业、草产业协会成立，2003年沙产业协会成立，钱学森均专门发信致贺[28]。

(3) 实践指导与鼓励支持实干

钱学森对沙产业实践十分重视。他以敏锐的眼光，特别注意到以色列建国以后改造沙漠，发展沙产业技术的意义。1992年8月28日致刘恕信中指出："以色列在沙漠化土地多的粮食丰产，还能出口。说这完全是科学技术的功劳。不知我国治沙科技专家去以色列考察过吗？如还未去过，全国治沙暨沙产业学会不该设法办这件事吗？"[285]随后便了解到新情况，"不久前见到刚从以色列访问回来的中国科学院力学研究所郑哲敏研究员，他说那里的科技人员对'中国用世界耕地面积的7％养活世界人口的22％'，感到没什么！因为以色列在那么干旱的一点点土地上养活了那么多人。我想我国的沙业工作者要注意学其所长。"[286]1993年1月26日致刘恕信中再次谈到对以色列交流的进展，"我很高兴能读到您们访问以色列的工作报告，也想将来我们的8名研究生学成归来对祖国的沙产业定有建树，是大好事。"[287]时隔近3年之后又一次提到同一主题："以色列的农业的确有我们该学习的东西，我国搞治沙防沙发展农业生产的同志要认真总结他们的经验，以开拓我们的思想。但有一点要注意：我们三北地区面积比整个以色列大得多，特别是常年有风沙。所以我们多年来对防沙做了很有成绩的工作，是非常重要的。我们要把防沙治沙同节水农业技术结合起来，这样有可能绿化1/3到1/2的沙区，大大扩展我国的农田……但这样干就提出一个问题：防沙需要树林，要开发节水林技术。以上

两点都是我国沙产业。"[288]

钱学森对西部地区生态环境条件有长期的观察与体验，重视艰苦条件下科学技术的作用。曾就"近日《人民政协报》有篇关于在酒泉建设甘草基地的报道，……据称'深加工后，每年有近亿美元产值'"信息通报刘恕[268]；就《人民日报》1992年1月19日1版"有西北荒漠地下水丰富的报道(见附上复制件)，使我想到一个问题：我国沙业工作者是否应根据自然条件及现代科学技术划出在约20亿亩沙漠戈壁和沙化地中有多少可以转化为绿洲的？真正不能转化的有多少？这是个战略问题"与刘恕交流认识；又一次就"《参考资料》1993年4月7日(＃24451)期43页有一报道，在干旱地区给农作物喷洒甲醇可以大大促进其生长。您(指刘恕)见到了吗？这是沙产业的福音。甲醇是CH_3OH，可以大量廉价从煤加水合成"[289]1996年7月4日致刘恕信中谈到："沙产业基金会理事会确定今年工作的3条我很看好。对微藻开发，我想其意义还不限于沙产业，但要想到微藻产品的利用；例如用微藻调制人们爱吃的食品，开发微藻烹饪，形成微藻工业。"[290]

钱学森积极支持与推动沙产业科技交流工作。1994年9月21日致刘恕信中说："再过几天您们就要开沙产业的会议了，我虽不能出席会议，但我的心是系着这个会议的。所以写了个书面发言附上，请考虑是否可请您在会上宣读？"[291]认真分析沙产业启动成功的机制。他写信给刘恕说："我注意到近日来报刊对治沙有不少消息，一方面有人民中的实干家，另一方面有地方政府中的领导干部；两者要结合，沙产业就启动了。我们的基金会能做些促进这方面的工作吗？在内蒙自治区已有好几处对治沙有成绩，能再推动他们向沙产业发展吗？"[292]

钱学森对张掖、武威在沙产业方面的进展十分关注。1995年9月3日致刘恕信中说："您和裕钊同志的来信和裕钊同志文《新绿洲——沙产业的建设基地》都收到。……沙产业将在河西张掖和武威起步了。这使我很受鼓舞！裕钊同志的文章是篇很好的介绍沙产业的文章，将在哪里发表？我想《科技导报》或《中国科协报》、《科学中国人》都可以登这篇文章。节水农业发展了，特别像通县引进的以色列技术，那中国的荒漠都将变为'新绿洲'了。所以要组织搞沙产业的同志去北京通县参观中以农场。"[293]高度评价取得的成就，说："武威、张掖的同志实际是开创了一个新型产业，在缺水但阳光丰富的地区，用高新技术搞农副业生产，达到高效益。这是将地区的特点同现代科学技术结合起来了，那是不是给我们一个启示：农、林、草、海、沙这五大用阳光和生物的产业都要运用高新技术创造出一套前所未有的新产业，这是古老的农林牧副渔所没有的，今天搞农林的同志、搞海洋养殖业的同志也没想到用高新技术吧。引入高新技术以及高新技术产品——新材料、信息技术等，将会出现前所未有的新产业，一个真正知识密集型的农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业将要在人类历史上登上舞台了。而这是从小弟弟沙产业做起的！高新技术将引发人类历史上的第六次产业革命！中国人可以当带头的！"[294]1996年2月22日致刘恕信中又说："我祝愿沙产业在新的一年里有新的成就！我认为这不是什么理想了，武威和张掖地区用了新技术已展示了未来沙产业的概貌。而北京市通县永乐店的中以合作农场更显示了未来农业的轮廓。所以技术是已经有了，要实现就必须解决资金问题；但现在我们也有了办法：我国的大型企业已开始注意到我国农产业的广阔前景，已开始投资农产业了，如'三九'集团公司等。这样有科学技术，又有资金，即社会主义中国的第六次产业革命已经启步了！我们的思想认识要跟上啊！"[295]1996年5月9日再次谈到："张掖、武威的人民开创了沙产业，他们实际是走出了将来我国整个大农产业的第一步！是了不起的！所以您们的事业是了不起的！""特别高兴的是张掖地区的沙产业成功经验将进一步发展，

并推广到青海和宁夏，这是面向21世纪的发展。这也是您对社会主义中国的贡献！”[296]

在祝贺内蒙古沙产业、草产业协会成立的贺信中满怀深情地说：“内蒙古的优势产业是什么？我认为就是沙产业和草产业，这是内蒙古新的经济增长点。只要内蒙古的同志抓住了这两大产业，真正建设成知识密集型的沙产业和草产业，内蒙古的社会主义现代化建设就会迈上一个新的台阶，内蒙古的生态环境也会得到改善。”[28]在对《中国沙产业草产业网站》开通寄语中说：“内蒙古各族人民过去在‘两弹一星’事业上做出了贡献，现在又在沙产业、草产业上给全国带了个好头，做出了榜样。我希望你们在沙产业、草产业上继续做贡献，并把沙产业、草产业推向全国去！”[29]

在已经取得初步成就基础上，钱学森对新发展阶段工作的认识是：1. 支持“建设国家张掖农业高新技术产业示范区的构想；中国科学技术协会副主席刘恕同志作为九届全国政协的委员也在这次大会提交了一个大会发言稿，讲到沙产业在张掖地区的发展，沙产业在人民中国已经开了个好头，我谨表示祝贺！”[297]“再过一个多月在张掖地区就要召开沙产业开发工作会议了，这是促进沙产业的大事”[298]。2.“今后工作我想还应在（再）实践、发展沙产业，有了人人看得到的成绩才好宣传服人。”[299]3.“现在沙产业有了农业发展银行的专项贷款，问题是要有人才去高效地利用资金开发沙产业——沙工贸一条龙地经营。这是当务之急了。基金会能在培养沙产业人才方面做点工作吗？”[300]

1997年10月29日致刘恕信中说：“今夏您们在科尔沁地（区）召开会议，涂元季同志已向我介绍了情况。看来这里的沙地并不缺水，而是采取科学措施，利用好水源的问题。所以这里的沙产业是又一种沙产业，与河西走廊地区不同。沙产业也有不同类型了。缺水沙产业在酒泉卫星发射中心又有了新进展，见附上的解放军报1997年10月26日2版报道，这是高科技了。又：近见一版科技日报对螺旋藻的报道，现附上供裕钊同志阅。我非常感谢您和裕钊同志，祝沙产业在社会主义中国大发展！”[301]上述方面倾注了钱学森对沙产业全面建设与发展的深切关怀。

(4) 展望未来

1992年12月钱学森指出：“……要尊重地理学规律，沙产业要比农产业、林产业、草产业和海产业突出得多”，“沙产业属第六次产业革命，是21世纪中叶才能开花结果的”，“对沙产业我们现在只作初步探索工作”[302]。从沙产业理论诞生至今，已经28个年头，我们已经取得了一定的建设成就。展望未来，光资源丰富的干旱不毛之地具备发展生物质能的基础条件，这里也是自然新药的宝库，而为人类增添食物是发展沙产业永恒的主题[303]。我们要以钱学森第六次产业革命理论为指导，更加努力地工作，使沙产业在21世纪中叶为当地民众、为全国人民、为人类文明做出新贡献。

五、展望第六次产业革命

20 社会主义制度的优越性

(1) 社会主义中国的优越性

钱学森在其讲话、信件和文章中多次提到社会主义的优越性，事实上，他更多强调的是社会主义中国的优越性。一般我们讲社会主义的优越性有以下三个方面：

①从理论上讲，社会主义制度具有资本主义不可比拟的巨大优越性。首先，社会主义经济适应了先进生产力的发展要求；其次，社会主义政治制度代表了劳动者的根本利益；第三，社会主义文化代表了先进文化的前进方向。

②从实践上讲，社会主义的基本制度建立起来，并不等于人们对社会主义本质的认识就完全搞清楚了，也不等于社会主义优越性就能自然而然地发挥了。社会主义的优越性不是论证出来的，不是自我标榜出来的，也不是对资本主义或其他剥削阶级占统治地位的社会进行批驳、辩论中体现出来的，而是在实践中实干出来的。

③社会主义优越性还表现为社会主义制度具有自我完善、发展和创新的能力。

这三点是从社会主义理论中提炼出来的优越性。近代以来对社会主义国家的建设有过众多探索，但是其中大多以失败告终，只有新中国成为一朵奇葩，不仅没有破产，反而经济蒸蒸日上，在高精尖技术领域占有一席之地。近三十年来，民生也有了很大的发展，人民生活水平日益提高。2010 年，按国民生产总值总量计算，中国成为世界第二大经济体，仅次于美国。从这个事实上来讲，社会主义的优越性，至少可以从中国发展经验中找出几条来。

钱学森所说的社会主义中国的优越性，有许多方面，例如宏观调控的计划性，不搞重复研究建设的节约性，党的民主集中制的优越性，还有政治环境等等。经过改革开放，大家基本都认识到了这个优越性，并且，邓小平用一句话进行了高度概括，就是：集中力量办大事。最突出的有核武器、航空航天技术、中国特色社会主义市场经济建设等。2008 年发生的两件大事，即汶川地震抗震救灾和北京奥运会，就深刻地体现出中国集中力量办大事的特色来。

2009 年 8 月，胡鞍钢说："我觉得邓小平在 1992 年南巡时候讲到，就是社会主义重要的优势是集中力量办大事，其实他就说明了这个优势，这是可能其他国家还真不具备的，我们所说

的大事就是惠及老百姓，提供公共服务的这些大事，确实可以通过四川汶川5.12地震就体现出来了，它创造了好几个记录，第一个国家财政当时就拿出700亿，而且进行灾害重建国家中央财政就要拿出3000亿，这个规模是相当之大的，总的投资将达到1万亿，我算了一下已经超过了世界原来的No.1，日本的'神户大地震'，也超过美国的其它的救灾；第二个就是全体人民的爱心，也就是说社会捐赠创造了全世界No.1，因此可以不可以这么讲就是一方有难，八方支持，这就是我们的一个巨大优势，因为我也跟美国，包括巴基斯坦和各方面国家的专家交换过意见，我们在去年的8月份，因为我本人参与了国家汶川地震灾害重建的过程，而且我们召开国际研讨会听取这方面的意见，所有的专家都对中国这个汶川不光是救灾，关键是灾害重建，给予高度评价。譬如我再举一个例子，本来这次汶川灾害重建的规划叫三年规划，那么经过总书记包括温总理他们调研之后，当然也征求了地方的意见和可行性，现在要二年完成。像这种案例我们可能在全世界找不到任何一个国家的案例，包括神户、阪神地震的灾害重建它花了10年。就这么个情况。我们可以通过这些事实来说明到底中国它的政治优势是什么，这一政治优势什么人受益就很清楚了。"[304]胡鞍钢的这一段话，从事实上说明了中国集中力量办大事的特殊优势。我们也相信，21世纪的新中国可以集中力量，在农业上办出大事来。

第六次产业革命理论的形成过程前面有清晰的论述，我们知道它从提出直到现在才慢慢被重视起来。但是这并不能说明第六次产业革命理论不符合实际，不具有实践性，只是在那个年代中国百废待兴，国家领导人选择了农业支持工业，乡村支持城市这样一种发展模式而已。改革开放后三十多年来，中国的城市化可以说以一种前无古人的速度在进行，但是相比较中国庞大的农业人口基数，这个速度还是太慢了，新的问题也逐渐开始出现。但是改革开放新中国的建设经验正好验证了钱学森关于"社会主义优越性"的信心。

(2) 第六次产业革命很有可能最早在中国产生、实现

在提出第六次产业革命理论后不久，钱学森正式公布了这一理论成果，并且，后来他预测，第六次产业革命很有可能最早在中国产生、实现。他认为第六次产业革命最早在中国产生出现，至少基于以下几个方面的考虑。

①先天优势。中国拥有着五千年的农业经验，有着丰富的地理环境和气候环境，有着众多的农业劳动者，有着数目众多的动植物品种，从先天上来说，农业本就是中国人民最熟悉的产业，所以有着最广泛的群众基础，发动产业革命也有着前所未有的潜力和优势。

②理论优势。新中国的建设并没有走一条资本主义的老路子，也没有完全照搬苏联的模式，而是走出了一条符合中国国情的、有着中国特色的社会主义道路。在理论构建上，我们学习并且发展了马克思主义，而且利用马克思主义武器不断改造我们的经验，指导着新中国的建设，所以我们不会犯大的错误。

③政治优势。新中国的民主集中制保证了我们能够集中力量办大事，能够把有限的资源集中起来进行创新活动，能够避免重复工作和浪费行为。

④人口优势。中国有着世界上最多的人口，而且中华民族也是一个聪明的民族。一方面，对生产力我们有着巨大的需求，另一方面，我们又有着先进理论指导行动，有众多人才贡献力量，所以，中国最有可能率先发动第六次产业革命。

⑤后发优势。中国是一个善于学习的国家，中华民族是一个善于学习的民族。尽管自1840年后，我们一直处于落后被动挨打的局面，但是新中国成立后，我们不断学习引进西方先

进技术，并在马克思主义的指导下进行建设，走出了自己的特色之路。在学习技术并改造自身方面，中国可以说走在了其他国家前面。中国可以很快适应新的技术，并在此基础上创建自己的新技术，其中最典型的例子就是电信业的发展和互联网的发展。

⑥技术基础。第六次产业需要依靠高度的科技水平才能实现，而中国处于工业化中后期阶段，科学技术近些年来已经有了较大发展，在某些领域处于世界领先水平。“科技是第一生产力”已经成为中国人民心中坚定的信念和基本国策。

21 马列主义、毛泽东思想的理论指导

钱学森认为，科学社会主义的实现是一个不断探索认识的过程，其中唯物辩证法和辩证唯物主义等从实践中总结出来的马列主义客观真理，我们必须坚守不渝。他说：“感到我们对科学的社会主义也和对所有客观世界，包括人自己在内，都是在经历一个不断探索、不断认识、不断发现的过程。我想我们有一些从实践中总结出来的客观真理，那是必须坚守不渝的。如：1.辩证思维；2.唯物辩证法和辩证唯物主义，前者是思维方法原则，后者为哲学；3.人民是历史的创造者，要尊重人民；4.管理社会、管理国家要用系统工程和从定性到定量综合集成法，要用总体设计部作为决策的咨询单位；5.管理国家社会，总的原则是‘微观放，宏观控’；6.人类未来一定走向世界大同。”[305]

钱学森认为要用历史唯物主义来看待我国社会情况，用马克思主义哲学为指导用系统工程方法来设计中国社会革命的方案。他说：“我们应该用历史唯物主义来看今天我国社会的情况。我记得我曾说过，在一次社会革命之后总有许多事情，由于人们跟不上变化了的环境，会出现大量怪现象。在莎士比亚的许多戏剧中就讲英国社会由封建社会转入资本主义社会的第三次产业革命后，爆发出来的丑事。在我国现代中国的第一次社会革命，毛主席是有远见的，多次讲了‘入城’后要主观上有准备，所以在新中国成立后，能较快地解决了领导干部中的不正之风。现在是现代中国的第二次社会革命了，而且经济体制有这么大的变化，由政府全面管死到全面放开，只有政府的宏观调控，所以问题就来了！不必大惊小怪，但要用科学的态度，用马克思主义哲学为指导，设计出全面解决的方案。在我们面临的现代中国第二次社会革命，全世界已进入世界社会形态。这是客观条件。在设计全面解决的方案时，我们要用最先进的方法——科学的方法、现代科学的方法。不能像18世纪解决技术问题时用的纯经验方法、瓦特式的方法！我们要用MIT首创的把科学理论同工程实际结合起来的理工结合的方法，这方法后来在EIT更进一步结合成为理工结合技术科学方法。对我们来说，这就是系统工程的观点：我们要用系统工程去攻现代中国第二次社会革命出现的问题。但社会是复杂巨系统，所以方法也必须是从定性到定量的综合集成法。这又是国家级的总体设计部了。”[306]

钱学森指出，从定性到定量综合集成法是以《矛盾论》和《实践论》为指导思想的。他说：“从定性到定量综合集成法是建筑在《实践论》的基础上的，从定性到定量综合集成法的工作过程是以《矛盾论》为指导思想的。这就是说，在建立数学模型的曲折过程中，要发现主要矛盾及矛盾的主要方面，而且要千万记住：矛盾是一个发展运动，会转化的。我们的许多失误都在于未跟上实际，思想僵化，不知道矛盾已经转化，出现新矛盾了。”[307]“从感性认识上升理性认识

的道理，在工作中把专家们从实践中总结出的定性认识，点点滴滴，不一定全面的东西，用系统模型加电子计算机试算，逐步搞清搞准，上升为定量认识。所以改称为‘从定性到定量综合集成法’。这是我们把毛主席的《实践论》和党的群众路线引入系统学了。”[308]

钱学森把系统科学思想引进我国社会主义建设，认为我国应成立社会主义建设的总体设计部，采用从定性到定量的综合集成法来进行社会主义建设。他说：“现在人们在总结我国四十余年社会主义建设的经验与教训之后，终于悟到社会主义建设是一项极为复杂的系统工程，而且认识了邓小平同志是我国新时期社会主义建设的‘总设计师’。那我们就可以说：根据‘两弹一星’的实践经验及周恩来总理要把经验扩展到其他社会领域的教导，我们一定要建立中国社会主义建设的总体设计部。中国社会主义建设总体设计部是为‘总设计师’服务的，是在‘总设计师’指导下工作的。这是我们的理论根据。说服群众要靠实际。那是我们的总体设计部、定性到定量综合集成法、定性到定量综合集成研讨厅这一大套创世纪的思想，也只有当我们的社会主义建设总体设计部能设计出并经实践证明中国新时期的社会整体发展年增率不是6%，也不是9%，而是15%或者更高时，广大群众才会认可我们理论。这大概是建党一百周年了！但此前景是十分明确清楚的！”[309]

22 当代中国建设与世界发展

钱学森是坚定的马克思主义者。他曾经深切谈到：“我近30年来一直在学习马克思主义哲学，总是试图用马克思主义哲学指导我的工作。马克思主义哲学是智慧的源泉！而且一个马克思主义者是决不会不爱人民的，也决不会不爱国的。”[310]作为战略科学家的钱学森，牢记并践行毛泽东“共产党员应是实事求是的模范，又是具有远见卓识的模范。因为只有实事求是，才能完成确定的任务；只有远见卓识，才能不失前进的方向”的教诲，始终注意将战略目标期定位在中长期问题上。大量证据证实，钱学森在第六次产业革命理论创建与实践探索过程中，着眼于中国与世界发展大局，将第六次产业革命兴起时期定位于建党100周年，即2021年；将第六次产业革命目标实现期定位于建国100周年，即2049年；在21世纪进一步建设中国式社会主义，向共产主义迈进。

(1) 第六次产业革命与21世纪

1989年11月27日在致钱正英信中，钱学森说：“中国共产党人要看到国家的未来，考虑五十年后、一百年后，以至一千年后的中国与世界。要用世界水资源的7%，供养世界人口的22%，可是个大问题，必须及早计谋。”[311]水资源问题与人口问题的出路本质上就是实现农业现代化。1992年11月25日在致田纪云的信中又说：“社会主义中国是中国共产党领导的，我们是以历史唯物主义武装起来的，我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到21世纪，看到建党100周年！所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为社会主义中国搞第六次产业革命作准备。”[312]明确指出了拥有历史唯物主义思想武器的中国共产党人，在社会主义中国的21世纪进行第六次产业革命的重大意义。1995年再次指出：“我总记得前王任重全国政协副主席讲过的一句话：

共产党员嘛,不能只想到五年、十五年,要考虑五十年、一百年!他教导我们要有远见!因此我想对我国农业,不能就为15亿人口,要想想中国人口到了20亿、30亿怎么办。也就是这个原因,所以这几年来我一直在宣传第六次产业革命。"[5]

钱学森为实施第六次产业革命曾在多方面制定过明确的战略部署。1989年10月4日致《技术经济》编辑部信中说:"在建党100周年之际,我国工农业的生产技术要是当时世界第一流的水平。这当然要敢于跨越进步,不能一步一步爬!中国人是能这样干的:50年代后期开始的两弹卫星工作,在党中央的领导下,在周恩来同志和聂荣臻同志的指挥下,我们中国人不是干过,而取得成功吗?"[66] 1992年11月18日在致王寿云的信中说:"我说的第六次产业革命也要作为一个大项目组织全国力量进行研究。估计到建党100周年就将在我国全面铺开。"[70]

在此之前,因"第五次产业革命在中国,现在已经开始(指1996年)……能否以设想要在2021年,建党100周年时,让我国的第五次产业革命达到当时的世界发达国家水平?以此目标来组织本课题(指黄顺基组织的"新产业革命在中国"课题)的研究?"[73]即要在第六次产业革命兴起之前基本完成第五次产业革命。

总体计划为,通过第四、第五、第六,甚至第七次产业革命建设,到21世纪中叶,即建国100周年时,将我国建设成为高度民主文明的社会主义强国,达到世界中等发达国家水平,为迈向共产主义奠定基础。1984年3月3日钱学森就指出:产业革命"这个前景是在我们的时代,就要消灭历史上形成的三大差别,而这个事情在我国是看得见的,恐怕到下世纪,到建国100周年时,就实现了"[4]。假如实现了该基本目标,这"难道不是翻天覆地的变化吗?这难道不是我国在公元2000年翻两番之后,在21世纪再进一步建设中国式的社会主义,向共产主义迈进吗?"[3]"这是人类历史所未有的呀!"[313]

产业革命的蓬勃发展,必然带动社会革命进程。钱学森多次从多视角对产业革命与社会革命发展间关系的阶段性特征进行过探索与阐释。他曾经指出:"我们第一代领导人,以毛泽东为核心,开创并完成了在现代中国的第一次社会革命。这是在贫困落后的中国,推翻三座大山,建立了社会主义新中国。我们第二代领导人,以邓小平为核心,开创了在现代中国的第二次社会革命,并将在第三代领导人,以江泽民为核心,继续下去。可能在建党100周年的时候,这现代中国的第二次革命、改革开放建立社会主义市场经济的社会革命将会完成了。再下去呢?可不要再重复在现代中国第一次社会革命后期思想僵化、脱离实际的错误!实际情况好似第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命相继到来,我们要解放思想、实事求是,认识到这是现代中国的第三次革命!"[74]

从更长远的发展历程来看,"(一)人类出现在地球是大约200万年前的事。那时人也如同动物,无生产事业可言,也就没有人类社会。(二)有人类社会是自第一次产业革命(即大约相当于新石器时代)始,有了生产事业,才有社会——原始公社。以后又随着生产力的发展进步,出现奴隶社会、封建社会已有1万年了。什么时候实现共产主义社会?23世纪?那1万年再加200年是人类社会的第一大阶段,在此阶段人们是逐步加深对自然规律和社会规律的理解,逐步转变被统治的状况。(三)到了大约200年后的共产主义社会,人类将进入世界大同,最终消灭了战争,国家没有了,国界没有了,全世界一体化。这就开始了人类社会的第二大阶段,人们完全自觉地利用自然规律和社会规律创造历史。在此阶段,实行了按需分配,消灭三大差别,智力大大发展,人遨游于太空……"[314] 21世纪的系列产业革命是实现人类这一伟大进程

的关键阶段,社会主义的中国前途光明。

(2) 世界社会形态与基本矛盾

作为站在世界制高点的伟人,钱学森对世界战争与和平发展形势有着清醒的认识。在1988年1月28日致高恒信中指出:"一、我们要用马克思主义哲学的观点去看世界。现在是什么样的世界?社会主义国家虽然还不是一体,但资本主义国家也不是一体;社会主义国家已有约世界人口的三分之一,经济实力约为资本主义国家的四分之一。这是对帝国主义的巨大威慑。二、用战争来解决问题的方法不行了。由于战略武器的出现,大仗不可能了;小仗又解决不了什么问题。武力越来越成了威慑。"[315] 1989年9月11日又指出:"所谓'和平与发展'是怎么回事?第一,中等规模的侵略战争也趋于消亡,因为第三世界国家的人们觉醒了,军事入侵是注定要失败的。第二,大仗谁也不敢打,因为战略核武器破坏力大到全球性的灾难,没有胜利者。所以,不是帝国主义者变得善良了,而是战争对他不利。"[316]

从全球历史发展整体来观察,"世界已是一个整体。当然,分两大阵营:资本主义特别是帝国主义的阵营;社会主义阵营。每一阵营内部也有国家间的利害矛盾,不可忽视;但根本的矛盾是资本主义与社会主义的矛盾"。[317]一方面,"帝国主义的本性是不会改变的,资本主义与社会主义势不两立的。所以帝国主义者一直在搞和平演变,阶级斗争并没有熄灭!"[316]这是当前人类社会内部对立的主要矛盾关系;另一方面,"当今世界是一个统一的世界社会,不管什么国家政治制度,哪一个国家也离不开别的国家。这是一种前所未有的社会形态——世界社会形态。过去从单一国家或地区论,有原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会和过渡型的社会主义社会。但从资本主义进入垄断资本主义即帝国主义后,其本身发展需要使它打入全世界各地,是帝国主义侵略。另一方面又使世界一体化了,使不发达地区的人民觉悟了。这一过程到第二次世界大战已十分明显,独断专行的帝国主义也到处碰壁——朝鲜战争、越南战争、阿富汗战争都失败了,所以帝国主义的老牌资本主义已趋于灭亡,列宁的预见是正确的。现在是世界社会。

当然,这个世界社会充满了矛盾与斗争。各种政治制度,各种民族和信仰、各种集团利害的矛盾斗争是一刻也没有停止过。但作为一个马克思列宁主义者,我们坚信:这一斗争的结果一定是世界大同的共产主义世界社会"。[318]"纵观人类社会历史,从原始公社到共产主义社会,也只是实现了世界大同,无国界的按需分配的社会制度,最终消灭了战争。也可以说,这不过是走完人类社会发展第一个大阶段,开创了人类社会发展的第二个大阶段。"[319]世界形势的主题转变为"和平与发展"。

(3) 全面建设,迎接21世纪

产业革命是全部社会经济系统运动的一部分。21世纪第四次、第五次、第六次、第七次产业革命在中国连珠炮般爆发,社会进步波涛奔涌向前的同时,社会经济生态环境的多个方面也在发生更大规模、更深刻意义上的建设与发展变化。

首先是人的建设与变化。由于第五次产业革命的展开,"现在全世界即将进入信息网络,将来人的工作一刻也离不开电子计算机,是人脑与计算机结合,优势互补,达到'大成智慧'的人。我相信这会在21世纪中叶出现,我们现在就要作好准备呵!"[320]钱学森进一步预计,"我提倡'大成智慧'只是人机结合的初级阶段,因为人机还没有真正合一,只是结合互补而已。这

会持续到 21 世纪中叶。而从灵境系统开始的这种结合则是融合，是把人'神化'了，成为'超人'！'超人'的感受可以大到宇宙、小到微观，成'仙'了！这真是人类历史的一次大革命，就如人类有了语言、文字！这将是 21 世纪后半叶的事"[321]。如此巨大的人类发展史上的革命性变化与第六次产业革命相伴生，是第六次产业革命成功的根本保证。

实现上述基本目标，要"在 21 世纪培养全体公民为硕士"[322]，即"从 4 岁入学，18 岁大学毕业能运用信息网络，作人-机结合的思维的'硕士'。如果工作 50 年到 68 岁退休，平均活到 85 岁，那工作 50 年的人，要负担 18+17=35 年别人的生活；平均 1 个工作的人负担 0.7 个别人的生活，这在 21 世纪社会主义中国应该是可以做到的"[35]。钱学森"坚信这是中国未来的教育！"[322]

第二，社会进步与变化。从社会进步角度来认识，"第一次产业革命引发了人类的社群组织，这是一次社会革命。这种社会性质到第二次产业革命，出了封建社会，规模扩大了，但没有本质的区别。所以这一段几千年的历史可以说是人类社会的第一个时代。

真正改造了社会的是第三次产业革命，出现了资本主义制度。接下去到了第四次产业革命，只是资本主义经济扩大了规模，没有本质的改变。这可以说是人类社会的第二个时代。

这样看现在已经开始的第五次产业革命是划时代的，它也促进了第六次产业革命和改造人体以适应社群需要的第七次产业革命；这才是人类社会的第三个时代！"[35]

此外，"关于'宏大产业(Macroindustrial)'的概念，我认为是讲人类社会的社会革命，即人类进入世界大同的时代。所以并不是产业革命，泽伊搞错了！它是以第五次产业革命(信息革命)，第六次产业革命(农业产业化)、第七次产业革命(人民身体和智力的提高)为基础的，将来还可能有从分子水平设计的结构(即所谓 Naotechenology)为基础的第八次产业革命。这一概念我记得我们在过去通信中讲过。这种对世界的认识也是大成智慧"[12]。从上述两个视角认识产业发展与社会历史进步间的关系，更加明确了产业建设的基础地位。

第三，历史已经进入"科技经济"时代。"现在开始的新时代是科学技术对经济的决定性作用——邓小平说'科学技术是第一生产力'，所以现在开始的是'科技经济'，不是'知识经济'。……科技经济会在今后主持几次产业革命，第五次、第六次、第七次……所以培养人才，会运用马列主义、毛泽东思想、邓小平理论的人才才是今后国家大事。将来要普及高等教育——人人是硕士。"[323]"科技产业是新时代的重要产业，我称之为第四产业，以区别于服务产业的第三产业，是现在及 21 世纪的重要产业。"[259]

具体科学技术布局中，一，直到 21 世纪初的国家"尖端科学技术"是为了在社会主义中国实现信息革命，即"第五次产业革命"[324]；二，以"再过 30 年、50 年，这就将是社会主义中国进入中等发达国家的农业，是新时代的农业"为目标，安排"中国科学院，不同于中国农业科学院和中国林业科学院，特别要研究第六次产业革命，预测中国 21 世纪中叶的农业！"[5]

第四，其他建设工作方面。要优先完成国家总体设计部设置。"复杂巨系统理论的一个重要应用在于国家总体设计部，21 世纪总能实现了吧？"[325]国家要主导"尖端科学技术"发展规划制定[326]；"国有企业是我国的主导企业，它关系到我国产业的盛衰，我们要国有企业带头走向 21 世纪"[327]；干部建设成为头等大事。1989 年 8 月 14 日钱学森在致李琦信中说："今天的国家事务是非常复杂的，一面要坚持四项基本原则，一面要改革开放，同世界各国在激烈的竞争中打交道，干部的素质是头等重要的大事"[328]；21 世纪的社会主义中国城市建设者将要把每个"城镇、城市建成为山水城市！""农村转化集中成为小城镇。这样我国人民将都住在城市：

全国大多数人住在小城镇，大城市是少数。上千万人口的大城市，全中国有几个而已。”[329]地理建设方面大江大河水利事业、三峡库区的“东方瑞士”[330]、青藏高原地区的“高原乐土”[331]等得到科学合理建设，可持续发展。加之，“第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命后，体力劳动将大大减轻，人们将基本上转入脑力劳动、创造性劳动，从而人类文化发展将空前加速”，人类社会由此进入“第二次文艺复兴”全新的发展时期[57]。

主要参考文献

[1] 张沁文,钱学森. 农业系统工程. 打印稿,1980 年 5 月 8 日.

[2] 钱学森致张沁文信[M]. 1981 年 8 月 24 日.

[3] 内蒙古沙产业、草产业协会等编. 钱学森论沙产业、草产业、林产业[M]. 西安交通大学出版社,2009:5-17.

[4] 钱学森. 工业革命的挑战和我们的对策(1984 年 3 月 3 日). 人体科学与现代科技发展纵横观. 1984:128-146.

[5] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:137-139.

[6] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007:393.

[7] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:97-98.

[8] 李毓堂. 钱学森知识密集型草产业及第六次产业革命的理论与实践[M]. 中国农业出版社,2010:5-15.

[9] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007:452-454.

[10] 钱学森. 关于新技术革命的若干基本认识问题[J]. 理论月刊(中央党校)1984(5):6.

[11] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007:5-10.

[12] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007:290-291.

[13] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:120-121.

[14] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:291-292.

[15] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007:166-167.

[16] 马克思恩格斯选集[M]. 第二版. 北京:人民出版社,1995 年版,243.

[17] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:508-510.

[18] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:391.

[19] 钱学森. 保护环境的工程技术-环境系统工程[J]. 环境保护. 1983(6).

[20] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007:280-283.

[21] 钱学森. 论地理科学[M]. 杭州:浙江教育出版社,1994:79-89.

[22] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:200-202.

[23] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007:495-500.

[24] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007:83-85.

[25] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:529-531.

[26] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 505 - 507.
[27] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 204 - 206.
[28] 内蒙古沙产业、草产业协会等编. 钱学森论沙产业、草产业、林产业[M]. 西安:西安交通大学出版社,2009: 538.
[29] 内蒙古沙产业、草产业协会等编. 钱学森论沙产业、草产业、林产业[M]. 西安:西安交通大学出版社,2009: 541.
[30] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 186 - 187.
[31] 莱斯特. 布朗. B 模式 2.0[M]. 东方出版社,2006:序言.
[32] 保罗. 若里翁. "局势比危机前还糟糕"[N]. 法国论坛报,2011 - 3 - 21.
[33] 贾斯廷. 罗拉的. 罗杰斯认为世界经济进入低增长期[dL]. 智利《美洲经济》网站,2011 - 8 - 27.
[34] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 287 - 289.
[35] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 164 - 167.
[36] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 331 - 333.
[37] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 381 - 383.
[38] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 29 - 33.
[39] 钱学森,用现代科学技术建设有中国特色的社会主义[M]. //九十年代科技发展与中国现代化. 长沙:湖南科学技术出版社,1991: 5 - 25 .
[40] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 435 - 436.
[41] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 445.
[42] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 9 - 11.
[43] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 91 - 93.
[44] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 39 - 41.
[45] 胡鞍钢. 中国:民生与发展[M]. 北京:中国经济出版社,2008: 18.
[46] 田雪园. 新中国人口政策回顾与展望[N]. 人民日报,2009 - 12 - 4.
[47] 胡鞍钢,英国《金融时报》中文网, 2007 - 9 - 10 日.
[48] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 253 - 255.
[49] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 117 - 118.
[50] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007: 287 - 288.
[51] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 293.
[52] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 388 - 389.
[53] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 97 - 98.
[54] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 299 - 300.
[55] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 248.
[56] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007: 277 - 278.
[57] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 258 - 259.
[58] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 46.
[59] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 143 - 144.
[60] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 130 - 131.

[61] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 133 - 134.
[62] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 248.
[63] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007: 27 - 28.
[64] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007: 140 - 142.
[65] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 62 - 63.
[66] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 64 - 66.
[67] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 97 - 99.
[68] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 390 - 392.
[69] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 408 - 409.
[70] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 22 - 23.
[71] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 19 - 20.
[72] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 196 - 197.
[73] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 222 - 223.
[74] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 5 - 10.
[75] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 34 - 39.
[76] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 452 - 454.
[77] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 34 - 39.
[78] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007: 99.
[79] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 97.
[80] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 461 - 462.
[81] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007: 72 - 74.
[82] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 322 - 323.
[83] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007: 337 - 339.
[84] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 131.
[85] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 168.
[86] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 287 - 289.
[87] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007: 16 - 17.
[88] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 262 - 264.
[89] 1986 年 4 月 18 日所做的《美学、社会主义文艺学和社会主义文化建设》报告.
[90] 1984 年 8 月 7 日在全国第一届思维科学学术讨论会上的发言
[91] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 1 集. 北京:国防工业出版社,2007: 421 - 422.
[92] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 214 - 216.
[93] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 235.
[94] 李毓堂编著. 钱学森知识密集型草产业及第六次产业革命的理论与实践[M]. 北京:中国农业出版社,2010: 102 - 103.
[95] 刘恕,涂元季编著. 钱学森论第六次产业革命通信集[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001: 137.
[96] 钱学森. 发展地理科学的建议[J]. 大自然探索 1987. 6.(19).
[97] 钱学森. 论地理科学. 杭州:浙江教育出版社,1994:186 - 202.

[98] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原:山西科学技术出版社,2001: 序 1.
[99] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 42.
[100] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原:山西科学技术出版社,2001: 编辑说明 1.
[101] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007: 154 - 155.
[102] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007: 157 - 158.
[103] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007: 355 - 357.
[104] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007: 335 - 336.
[105] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007: 340 - 342.
[106] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 50.
[107] 中国科学院、国家计委地理研究所《地理知识》编辑部郑平.
[108] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007: 201 - 202.
[109] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 397 - 400.
[110] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007: 504 - 505.
[111] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007: 341 - 343.
[112] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007: 219 - 220.
[113] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 338.
[114] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 91 - 93.
[115] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 442 - 443.
[116] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 461 - 463.
[117] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 63 - 64.
[118] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 223.
[119] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 49 - 52.
[120] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 140.
[121] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 84 页
[122] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 68 - 69.
[123] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007: 307 - 309.
[124] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 50 - 51.
[125] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 461 - 462.
[126] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 507 - 508.
[127] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 55.
[128] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007: 236 - 237.
[129] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 137 页
[130] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007: 60 页
[131] 内蒙古沙产业、草产业协会等编. 钱学森论沙产业、草产业、林产业[M]. 西安:西安交通大学出版社,2009: 1 - 4.
[132] 钱学森. 钱学森书信[M]. 1 - 10 集. 北京:国防工业出版社,2007.
[133] 刘恕. 解读沙产业[M]. 北京:科学普及出版社,2009.
[134] 内蒙古沙产业、草产业协会等编. 钱学森论沙产业、草产业、林产业[M]. 西安:西安交通大学出版社,2009.

[135] 李毓堂. 钱学森知识密集型草产业及第六次产业革命的理论与实践[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
[136] 王文华编著. 钱学森实录[M]. 成都:四川文艺出版社,2009: 297.
[137] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 485.
[138] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第1集. 北京:国防工业出版社,2007: 283 - 284.
[139] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 8.
[140] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 274 - 275.
[141] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 9 - 10.
[142] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007: 173 - 174.
[143] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 282 - 283.
[144] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 24 - 25.
[145] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第1集. 北京:国防工业出版社,2007: 464.
[146] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第1集. 北京:国防工业出版社,2007: 510.
[147] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 386.
[148] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 508 - 510.
[149] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 143.
[150] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 209.
[151] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 297.
[152] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007: 231 - 232.
[153] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 211 - 212.
[154] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 124.
[155] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 239 - 240.
[156] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 225.
[157] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007: 93 - 94.
[158] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007: 158.
[159] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 98.
[160] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 201.
[161] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 19.
[162] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 131 - 132.
[163] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 127 - 128.
[164] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 191 - 192.
[165] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007: 35 - 36.
[166] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 258 - 260.
[167] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 297 - 298.
[168] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 310 - 311.
[169] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007: 519 - 520.
[170] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 271 - 272.
[171] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 297 - 299.
[172] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 411 - 412.
[173] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 444 - 445.

[174] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:21-22.
[175] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:59.
[176] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:76.
[177] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:176.
[178] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:334.
[179] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:121-122.
[180] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:167.
[181] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:342-344.
[182] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 6 集. 北京:国防工业出版社,2007:466-467.
[183] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:228-229.
[184] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:473-474.
[185] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007:239.
[186] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007:272.
[187] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:272.
[188] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007:45.
[189] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 10 集. 北京:国防工业出版社,2007:442.
[190] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:63-64.
[191] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:102-104.
[192] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:446.
[193] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:227-228.
[194] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:235.
[195] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:325-326.
[196] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:246.
[197] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007:134.
[198] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:141-142.
[199] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:198.
[200] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 7 集. 北京:国防工业出版社,2007:110.
[201] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 9 集. 北京:国防工业出版社,2007:26.
[202] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 2 集. 北京:国防工业出版社,2007:234-235.
[203] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007:344.
[204] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 5 集. 北京:国防工业出版社,2007:351-352.
[205] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:129-130.
[206] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:166.
[207] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:88.
[208] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007:301.
[209] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 8 集. 北京:国防工业出版社,2007:419-420.
[210] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:17.
[211] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:196-197.
[212] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 4 集. 北京:国防工业出版社,2007:13-15.
[213] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第 3 集. 北京:国防工业出版社,2007:238.

[214] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:149-150.
[215] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:100.
[216] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:184-188.
[217] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:13-14.
[218] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:179-180.
[219] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:278.
[220] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:146.
[221] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:380-381.
[222] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:197-198.
[223] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:105-106.
[224] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:95-96.
[225] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:159-160.
[226] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:503.
[227] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:440.
[228] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:364.
[229] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:70.
[230] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:119.
[231] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007:425-426.
[232] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007:427.
[233] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:31-32.
[234] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:363-364.
[235] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:100.
[236] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:272.
[237] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:403.
[238] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:325.
[239] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:223-224.
[240] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:287.
[241] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:108.
[242] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:52-53.
[243] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:135.
[244] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:427-428.
[245] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:19.
[246] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:431-432.
[247] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:20.
[248] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:352.
[249] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007:44.
[250] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:210-211.
[251] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007:281-282.
[252] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007:97.
[253] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:469.

[254] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:347.
[255] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:373-374.
[256] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:336.
[257] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:130-131.
[258] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:91.
[259] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:129-130.
[260] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第2集. 北京:国防工业出版社,2007:396.
[261] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:72.
[262] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:163.
[263] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:209-210.
[264] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:145.
[265] 刘恕. 解读沙产业[M]. 北京:科学普及出版社,2009:8.
[266] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:28.
[267] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:87-88.
[268] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:321.
[269] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:527.
[270] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:415-417.
[271] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:513-514.
[272] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:162.
[273] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:42-43.
[274] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:471.
[275] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:312.
[276] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:364-365.
[277] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:404.
[278] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:372.
[279] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007:239-240.
[280] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:351-352.
[281] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:87.
[282] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:355.
[283] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:431.
[284] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:446.
[285] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:395.
[286] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007:490.
[287] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:94.
[288] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:95-96.
[289] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007:188.
[290] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007:119.
[291] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007:380.
[292] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:314.
[293] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007:330-331.

[294] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 405-406.
[295] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 482-483.
[296] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 41.
[297] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 360.
[298] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 381.
[299] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 229.
[300] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 280.
[301] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 329-330.
[302] 刘恕. 解读沙产业[M]. 北京:科学普及出版社,2009:85-86.
[303] 刘恕. 解读沙产业[M]. 北京:科学普及出版社,2009:76-87.
[304] 胡鞍钢. 中国经济发展的历史轨迹. 凤凰卫视2009年8月22日《世纪大讲堂》节目.
[305] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第8集. 北京:国防工业出版社,2007: 331-333.
[306] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 346-349.
[307] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 79-80.
[308] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 163.
[309] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 408-409.
[310] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007: 4-5.
[311] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007: 108.
[312] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 40.
[313] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第3集. 北京:国防工业出版社,2007: 27-28.
[314] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 91-93.
[315] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第4集. 北京:国防工业出版社,2007: 134-135.
[316] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007: 45-46.
[317] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007: 34-39.
[318] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第7集. 北京:国防工业出版社,2007: 159-161.
[319] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第6集. 北京:国防工业出版社,2007: 89-90.
[320] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 168-169.
[321] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 499.
[322] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 286.
[323] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 437-438.
[324] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 115-116.
[325] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 335.
[326] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 280-283.
[327] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 467-469.
[328] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第5集. 北京:国防工业出版社,2007: 14-16.
[329] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第10集. 北京:国防工业出版社,2007: 219-221.
[330] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 164-165.
[331] 钱学森. 钱学森书信[M]. 第9集. 北京:国防工业出版社,2007: 484-486.

附录 1

农业系统工程

张沁文　钱学森

1980 年 5 月 8 日

今天这一讲的题目是农业系统工程，也就是系统工程在社会主义大农业中的应用。由张沁文同志和我写稿，由我来讲。

在讲具体内容之前，我们首先把农业系统工程的词义搞清。有那么一种学科归类方法，把农业系统工程归在“农业工程学”范围内，是否合适呢？我们认为是不对的。在前面几讲，我们已经说明系统工程有它特有的学科理论基础，总称为系统科学，而系统科学是一个独有的体系，在系统工程改造客观世界的实践中，将提炼出专门研究系统的基础科学以及从这一类基础科学出发，结合其它基础科学，形成一系列研究系统共性问题的技术科学，而直接搞改造客观世界的学问就是各门系统工程。所以，各门系统工程在其学科归属上，只能理解为系统科学体系的一个专业，一个分支，不能和其它工程学科混为一谈。“农业工程学”是搞技术手段的，可以说是“硬科学”。而农业系统工程是研究组织管理的，是既搞技术手段，又搞组织管理，既有“硬科学”，又有“软科学”的工程技术，性质和农业工程学有所不同。

（一）

我们首先讲讲什么叫农业系统。

农业是一个巨大而复杂的系统，这大家不会有什么异议。习惯上我们就有这么个叫法：农业系统或农林系统。但是为什么在农业生产中要应用系统工程呢？

首先，我们来讲什么是农业？农业就是利用太阳光的能量，通过生物转化，生产人们需要的东西，即人们所需的食物、工业原料和生物能源（如有机质发酵搞沼气、薪炭林）；又通过生物

本身的存在(如森林、草地),改造自然,创造一个人类和生物本身所需要的理想环境。这就是农业吧。

农业的范围很广阔,它究竟包括哪些内容呢？我们认为,除了传统的农林牧副渔而外,现代农业还要加上虫业和微生物业。这就是说,广义的农业还应包括以下内容:

农业:指种植业,即狭义的农业,分为粮食作物和经济作物两大类,包括粮、棉、油、麻、糖、菜、烟、药、杂……等;

林业:分为用材林、经济林、薪炭林、防护林、水土保持林等;

牧业:包括牛、羊、猪、兔、马、驴、骡等;

禽业:包括鸡、鸭、鹅、火鸡等;

渔业:习惯称为渔业,其实应包括如多水产养殖,如虾、蛙、珍珠、牡蛎、海带、紫菜、莲藕、菱角、芦苇以及水生饲料等;

虫业:包括养蜂、养蚕、养蚯蚓(松土、肥田及喂猪、喂鸡、喂鱼)、养蝇蛆(喂鱼)、养赤眼蜂(以虫治虫);

微生物业:利用微生物发酵搞沼气、生产饲料、生产蛋白质以至直接生产食物,搞生物农药、菌肥以及利用微生物改良土壤等;

副业:主要是指用上述各业产品为原料的加工生产项目,如编织、淀粉、豆制品、手工艺品等。

随着现代科学技术广泛应用在农业生产的实践,我国农村生产活动的范围将越来越广阔,除了上面讲的各个行业之外,还有工业,即小型工业。农村大农业生产的综合化程度也越来越高,这是达到充分利用光、热、水、气、土、生物、微生物资源,生产人类所需要的日益增多的物质财富的必然趋势。我国现在已有不少的这方面成功的经验;而从世界其他国家农业走过的曲折道路看,我国农业现代化必须走全面发展、综合利用这条路。从全局看如此。从一个大队、一个生产队来看也是如此。一个大队、一个生产队的生产范围当然没有这样广阔,但是在他那个具体条件下,也完全可能在生产的深度和广度上大做文章,实行综合利用,全面发展,才能充分利用太阳光能,经济合理地利用有机物质。例如我国传统的间作套种,玉米、高粱和矮杆的豆类作物间作、棉麦套种,都可以提高对光能的利用率。又如利用秸秆喂牛、喂牲畜,牛粪种蘑菇,各种畜粪搞沼气,有机肥归田,最经济合理地利用了有机物质。综合利用,全面发展,能充分发挥人力优势。我国农村劳动力多,是向生产的深度和广度进军的一大有利条件。随着现代科学技术在农业生产中广泛应用和劳动生产率的提高,多余出劳动力和不断开辟新的生产门路,相辅相成相适应,是一种良性循环。特别是大力发展社队企业,走向农工商一体化的道路,农村社队建成综合企业,把生产、加工、贮存、运输、销售组成一条龙,是充分安排劳动力,发展农村经济的一条康庄大道。这样做,我们就不会像世界上的一些经济发达国家那样把农村人口大量引到城市中去,从而破坏农村;我们要相反,在农村就地建设现代化的生产和居住中心,使所有山乡、农庄和渔村都变成工业化、园林化、高度有文化的新型小城镇。江苏省江阴县华士公社华西大队可以说是这种理想新农村的雏形。

另一方面,我们还要利用生物来改造自然,创造一个人类和生物本身所需要的环境。人、生物、环境三者关系,人类本身需要有一个优美的生存环境。同时,从发展生产的需要来说,为了提高生物产品,人们也要能动地改造生物、改造环境。要在大力发展生产的同时,不断改造环境,不能盲目毁林开荒、垦草种粮、掠夺土壤、破坏水源、毒化空气、污染环境。那样干等于竭

泽而渔、杀鸡取卵，环境质量越来越差，生产水平越来越低，破坏生态平衡，导致恶性循环，造孽子孙，贻害后代，我们将成为历史的罪人，是决计要不得的。我们对自然资源要大力开发、利用，积极治理、改造，要发展林业，保护草原，培肥土壤，涵养水源，净化空气，改造环境，要使地越种越肥，产量越来越高，环境质量越来越好，形成良性循环，创造一个合理的、高效能的、人类所需要的理想的生态系统。

很明显，我们搞农业，就是实现两个长远目标：创造更多的人类所需要的东西，经营管理好一个庞大复杂的生态系统；不断改善环境，创造一个人所需要的生态系统。这两个目标是一致的，高产必须有良好的自然环境，良好的自然环境必能高产。归根到底，还是一个目标，就是我们要改变自然界的系统，创造出一个人所需要的生态系统。这正是系统工程所能解决的问题。

(二)

现在我们来讲讲农业系统工程要达到的目的是什么。

在现在农业的组织管理中应用系统工程，能在创造人类所需要的高效能的生态系统中找到最佳的发展过程，达到最优的综合效果。这就要全面地处理好农业这个系统中各个组成部分之间以及系统整体和组成部分之间的协调配合关系，改变部门之间各行其是、互不协调甚至互相扯皮的现象。互相扯皮，在农业系统工作中是普遍的、经常的。这不单单是工作方法和工作作风的问题，是有它的久远历史原因。我国有两千年的封建社会嘛！

农业系统工程就要从科学技术上克服从某一部门着眼、从单一目标出发、从单一因子考虑问题的弊端，这就要求我们正确处理系统的复杂的空间结构和复杂的时间结构。农业生产系统，从空间上来说，是由各业组成的一个有机整体，在布局和结合上，经纬交叉，错纵复杂；从时间上来说，是由若干阶段组成的一个时期，在进程和顺序上，渗透往返，盘旋曲折。所以，我们既要协调系统和农林牧等各业的关系和各业之间的关系，又要注意全过程中阶段的划分和阶段之间的衔接。关于阶段划分和衔接问题，我们在后面再讲。这里先讲系统整体和各业的关系以及各业之间的关系协调，也就是综合平衡。

首先，农业大系统要讲综合平衡。就是要对农、林、牧、禽、渔、虫、微、副、工等各业在整体中的作用和相互关系，通过分析，作出定量反映，如各业在总土地中占用土地的比例，即占地构成；各业在经济总收入中占有的比例，即经济构成和各业在使用的人力物力资金等总投入中占有的比例，即占地构成；各业在经济总收入中占有的比例，即经济构成和各业在使用的人力物力资金等总投入中占有的比例，即投入构成。它们各别的构成和综合指数，都应该通过计算分析用数量表示出来，使我们能在计划协调中作出综合平衡的安排。要求在投入方面有恰当的分配，经济收入有合理的构成，占用土地有合适的比例。使各业全面发展，互相促进。同时，要特别注意到，和工业、国防等部门不同，农业生产系统的各个部分之间，还有其在生态学上的有机联系。农林牧等各业和环境之间都有着相互制约、互相制约的关系。所以要求我们从动态平衡出发，分析搞清各业之间的关系，在这种复杂的有机关系中找到具有决定意义的关键，趋利避害，采取措施，在发展中协调它们之间的关系，达到一个高水平的生态平衡。这种用全局一盘棋的观点，分析系统，依据判断力，协调平衡的传统方法，虽无数理统计依据，但在系统工程中是必不可少的。

其次，在各分系统和生产技术中，也要讲综合平衡。例如，生物生产条件平衡，是农业生产

中一个带根本性的观点。农业生产主要就是利用太阳光的能量，通过生物转化为人所要的东西。影响生物产量的因素是光、热、水、气、土。生物生产干物质的多少，一方面决定于太阳光能的多少，即日照时数和光照强度等；决定于农作物本身的同化能力。另一方面，决定于生物转化所需要的原料，主要是土壤中的营养元素、水分和空气中的二氧化碳。目前的农业生产，光能利用率很低。主要原因是生物生产原料短线：在低产条件下，土壤中肥水不足，限制了叶面积的发展。农作物生产的干物质，百分之九十至九十五是由光合作用通过碳素同化过程所构成。百分之五至百分之十通过吸收土壤养分构成。在叶面积不足的条件下，绝不会高产。只有改善了土壤肥水供应，使叶面积发展到适当的程度，并维持正常的功能，光合作用所形成的同化产物才能增加。在谋求高产目标时，除了土壤中肥水不足外，空气中的二氧化碳不足也是一个重要限制因素。据计算，作物生长盛期，每日每平方厘米叶面积生产二十毫克干物质，也需二氧化碳二十九毫克。农田土壤每日可供二氧化碳只能供给一至十毫克，其余部分从大气中获得。标准情况下，每升大气每日可供二氧化碳六毫克，如供给作物每平方厘米叶面积每日需要的二氧化碳，则要消耗五十米空气柱中所有的二氧化碳。而且上空部分的二氧化碳对流至地面被叶片吸收，需要有一个湍流扩散运动过程，而作物层内这种扩散传递运动很差，二氧化碳扩散效率很低。因此，除了工厂化农业的无土栽培外，提高农作物产量的主要手段是培育肥沃的土壤。有机质含量丰富，微生物活动旺盛的土壤，能稳定地满足供应农作物所需要的营养元素和水分，并在微生物分解有机质的过程中，源源释放二氧化碳，这也就是补偿了生物生产原料的短线。当然，另一方面，也要培育具有强大同化功能的优良品种，那是长远目标。我们有些地区忽视了土壤贫瘠的实际情况，在耕作制度上过分注重提高复种指数，所谓三种三收等，一味在提高光能利用率上打算盘，不注意养地，是抓了长线，松了短线。这和国民经济综合平衡中盲目搞所谓长线平衡，犯的同一类病，效果是不好的。

另一方面农业系统工程还要正确处理多目标结果。农业系统建设总的目标是两个，创造更多的物产改善生态环境。各个组成部分，还有具体的目标，如农业中的高产、优质、养地、防止水土流失等；林业中的森林覆盖率、出材率、林相景观、防护效益、经济收益等，这些总目标和具体目标，类型和性质不同，有的还是互相矛盾的，形成一个复杂的结构。处理这个多目标结构，要从全局和长远利益出发，兼顾局部和眼前利益，并考虑实施中的技术经济指标如投资、质量、速度等，建立一个多级结构的指标体系，作出计量反映，进行综合评价和协调。从单一目标出发决断，于长远，于全局利益是有害的。西北黄土高原，过去单打一抓粮食，造成了生态单一性灾难，结果粮食也没有搞上去。现在有一种主张，走另一个极端，片面强调解决生态问题，而轻视当前生产和群众生活，也是不可取的。

最后，农业系统工程还要正确处理多因子相关。在农业生产中，田间管理是贯穿在作物生育过程中充分发挥人的能动作用的一系列技术措施。科学的田间管理，要根据土壤、农作物生长发育、气候变化等情况决定措施，例如施肥的种类、方法和数量，灌溉的时间、方式和水量等等，都是受诸多因子影响的。找到这许多因子和作业之间的关系，是合理施肥和合理灌溉的必要依据。这就要用电子计算机来处理许多单因子相关和复合因子的数据。在国外，分析一万一千五百个单因子相关和综合因子数据，得出蒸腾量与平均气温、平均空气湿度相关的结论，为灌溉用水量提供了依据。对肥料成分、施肥量、施肥日期及灌溉方法与肥效的相关性进行数据处理，选择最好的施肥方案。

（三）

在农业生产中应用系统工程，首先要掌握农业本身的规律，这就是“农事学”。“农事学”是研究农业生产中矛盾运动变化规律、研究农业生产指导策略的一门新生学科。现在就讲讲农事学。为了说明问题，运用类比的方法是有意义的。去年十月举行的第一次系统工程学术会议上，许志国同志指出：不同事物、不同过程的规律，通过精确的数字处理，从理论上发现其相似性。这个相似性难道不会引起更深刻的、潜在的具有普遍意义的新概念吗？而“农事学”和军事学科，正是研究农业和军事两个领域具体规律的学科。我们习惯所讲的军事科学，包括着两个研究范畴：一个是研究武器装备、军事技术手段，即研究“物”的；另一个是研究兵力的部署调动，打仗的运筹指挥，研究战争指导规律，即研究“事”的。农事学与军事科学在这一点上有相同的特征，也包括两个研究范畴：一个是研究作物、土壤、肥料、农机、农药和农业技术手段，即研究“物”的；一个是研究农业生产指导规律，即研究“事”的。研究“物的”，就是“硬科学”；研究“事”的，就可以称为“软科学”。

食物总是联系在一起的，研究“事”和“物”的科学也是相联的。实现农业现代化，要加快发展农业科学技术，同时，研究农业生产指导规律也很重要，这是不可分割的。那么农事学的具体内容是哪几个方面呢？现在我们来分析一下：

农事学的第一个方面是分析矛盾，根据矛盾的轻重缓急决定技术手段、措施的投入量。我国的农业现代化，是在继承几千年农业遗产和二十多年社会主义集体所有制农业生产的基础上起步的。和新建一项大型工程或新实施一项大型科研任务不一样，一个地区的农业发展，要以当地农业现状为出发点，一步一个脚印前进；要根据原有的技术状况，逐步采用新技术取代老习惯，逐步改良农作物品种，改善农业生产条件，改革耕作栽培技术。这是一个技术革新和设备更新的过程，而不是在荡无人烟的沃野上新建一座现代化农场，不是平地起高楼。所以，要根据目前农业生产的情况分析矛盾，找出妨碍农业发展的障碍因子，针对性地采用现代科学技术手段来排除影响因子。在一个时期内，可能有很多障碍因子，所以要采取许多技术手段。这些技术手段，是互相影响、互相起作用而不可分割的。但它们对排除障碍、发展生产的作用有大有小、重要性不同。那么，能不能作出定量分析？开始，我们只能根据直观、判断来区别它们的重要性，很难直接作出定量分析。但是，却能通过投入统筹中从反证中得到定量的反映。例如，在一个时期中，用于农业生产中的各项技术措施的组合，我们叫它为“配伍模型”。这好比中医辨证论治中的一付中药方剂。一个病人请中医看病，经过诊断，医师给开个方，有几味药，这好比我们在一个时期中的几项技术手段。中药的方剂，每一味药有一定的用量，所谓君臣佐使，就是主药、付（辅）药、辅佐药。例如，有一个常用方剂“小承气汤”，由大黄四钱、枳实三枚、厚朴三钱组成，主要作用是泻火、通便，治疗肠胃实热、大便燥结。同样这三味药，把用量变为厚朴八钱、枳实五枚、大黄四钱，就变成了“厚朴三味汤”，主要作用是行气除满，治疗气滞腹满。疗效就不一样了。我们搞农业基本建设，搞农业生产，在一个时期中采取的一些技术手段和措施，如建设基本农田、造林、种草、水土保持、改良土壤、修建水库、搞喷灌、养猪、养家畜积肥，等等，也要有定量。假如没有定量，分不清这些措施哪个是主要的，哪些是次要的、一般的，等于是一付没有剂量的药方，就治不了病。加入定量不对头，也不能对症治病。所以，指导农业生产，要分析农业生产中的矛盾，如农业生产发育和土壤贫瘠的矛盾，和土地盐碱化、雨量稀

少、气温低无霜期短、日照不充分、杂草竞争、病虫危害、风沙雹洪等自然灾害的矛盾，还有人们的需要和农作物本身生物学、经济学特性的矛盾，等等。在这些矛盾中，找出主要矛盾，区别次要矛盾和一般矛盾，从而决定我们解决这些矛盾所要采取的各项技术手段、措施的投入量，开出一副能对症治病的方剂。最关键的问题，是要集中力量狠抓解决主要矛盾的那一项技术措施。也就是千方百计缩短统筹法中称之为关键工序的时间，就是加速主要矛盾的转化，促使提前结束一个阶段，提早进入一个与之衔接的后继阶段，从而大大缩短整个发展进程。

农事学的第二个方面是分析过程，寻找改造自然发展农业生产的最佳途径。我们在前面谈到农业生产系统从时间上来说是由若干阶段组成的一个时期。农业生产要不断发展，它的过程是永无止境的。诚然，我们无法预见太远的将来，但也能够实事求是地分析预测今后一个时期的发展过程。情况可能是这样的：随着时间的推移，我们所要解决的妨碍农业生产的主要矛盾开始是甲；而后，乙成了主要矛盾；再后丙又上升为主要矛盾。这是一个主要矛盾演变发展的过程。另外，可能有某一项技术措施要再先完成另一项技术措施之后，才能施行，在计划协调技术中叫做流程特性，这是一个简单的顺序变化过程。这两种过程交织在一起，使农业生产的发展过程十分曲折复杂。但是，无论这个过程多么复杂，它有一根主要矛盾线，我们要围绕这根主要矛盾线来考察问题。当我们正确分析每个阶段的矛盾，集中力量去解决这个主要矛盾时，情形就会发生变化：这个主要矛盾解决了（更确切地说，这个主要矛盾被转化为次要矛盾），农业生产便发展到了一个新的水平，进入一个新的阶段。在这个新的阶段中，又有妨碍农业生产向高水平发展的主要矛盾，我们又必须集中力量解决这个主要矛盾。于是，情形又发生了变化：这个主要矛盾又被解决了，农业生产又发展到一个新的水平，进入一个新的阶段。在这个新阶段中，又有妨碍农业生产向更高水平发展的主要矛盾，我们又必须去抓这个主要矛盾……。发展农业生产的过程，就是我们用现代科学技术解决妨碍农业生产发展矛盾的过程。在这个过程中，情形都不同，形成了各个不同的发展阶段。这种发展阶段，是由主要矛盾的转化而随之推移的。一个阶段有一个阶段的主要矛盾。所以，每个阶段解决主要矛盾的技术手段不同，同时其它各项措施的地位可能也有变化，所以，每个阶段的“配伍模型”都不同。也就是说，一个阶段有一个阶段的“药方”。

显然，如果我们掌握了这种阶段演变的顺序特性，就可以按照过程演变的客观规律，一个阶段一个阶段地按部就班，顺序推进，可望取得顺水行舟，势如破竹的良好效果。总之，我们指导农业生产，认真寻求农业发展本身固有的顺序特性，一次一个阶段一个阶段的推进，避免曲折迂回，走一条改造自然，发展生产的最佳捷径，是能够做到的。这要求我们深刻掌握与农业生产密切相关的生物学、生态学规律，掌握各个地区的自然、经济特点和当前生产情况，依据这些规律和情况进行系统的分析和综合计划。

（四）

在今天这一讲，我们最后说说我们设想中的农业体制结果。

农业系统工程是强调实践的，是研究农业系统合理组建、最佳运行的一门实践工程。它是工程技术，只能在适当的社会制度和国家体制下发挥作用，建立这种制度和体制是生产关系和上层建筑的问题，是系统工程的前提。没有这个前提，系统工程再好也无能为力。我国是一个伟大的社会主义国家，国民经济建设有计划按比例发展，国家各级部门的组织是严密一体的，

系统工程大有用武之天地。当前，加速发展农业，要认真落实党的十一届三中全会以来党中央有关发展农业采取的一系列政策措施和经济措施。充分调动广大农民的社会主义积极性，这是首要的条件，是农业系统工程的前提。

我国幅员辽阔，农业资源丰富，全国可以成为一个完整的自给体系。农业生产系统的分级。从系统工程的观点看，基层是公社。这样，就是五级制：公社、县、地区、省、全国。这整个体系就是控制论里面的五级巨系统。在这五级巨系统中，省以下的每一级，都是上一级大系统中的分系统。同时本级都有自己条条和块块的分系统。

每一级的条条分系统，即同级的农业、林业、畜牧、水利、水土保持、水产、农机、气象、社队企业等部门，都是全局中的一个局部，它们之间互相促进、互相制约，有机地联系在一起，是组成这一级系统整体的不可分割的部分。所以，这一级的总体部门对条条分系统要综合统管，协调系统整体和分系统相互之间的关系。

每一级的块块分系统，则是下一级的行政经济单元。同级的块与块之间，没有必然的有机联系，是相互不依存而独立的整体。一个生产大队，要在完成国家计划规定的指标任务同时，要充分利用本大队的资源，广开门路，增加生产，提高收入，创造最大最高的绩效。它不干别的大队的事。大队之间，一般是互不相干、互不影响的。在涉及大队之间关系的农业基本建设工程、上下游用水分配等问题上，要依靠公社来协调解决大队之间的矛盾。同时，公社与大队之间的上下级关系中也有矛盾需要协调。公社和公社有矛盾，要靠县来协调。同时县与公社之间也有矛盾需要协调。这是多级系统的特点。如农产品征购任务的承担、国家支持地方发展的投资使用、化肥、机械等物资的分配、大型农业基本建设的施工等，要做到合理负担，共同受益，以求得全局的最好综合效果。全国范围的综合平衡和协调，则通过国家计划和制定一系列经济政策、技术政策来实现；在这当中要使用运筹学的理论和电子计算机这个工具。整个工作的目标就是早日实现我国农业的中国式的社会主义现代化。在实践中我们也将建立起农业系统工程和农事学这两门学问。

本文是张沁文同志 1980 年在中央电视台系统工程讲座的讲稿，原载中国科协普及部《系统工程普及讲座汇编》(上)

附录 2

保护环境的工程技术——环境系统工程

钱学森
1983 年 6 月

我从系统工程的概念出发，在几年前建议称保护环境的工程技术为环境系统工程，但一直没有专门讲讲这个问题。不久前，接到中国人与生物圈国家委员会的通知，说在北京自然博物馆展出与联合国教科文组织联合举办的人与生物圈(MAB)展览，于是抓了一个星期日早晨去看。展出的有教科文组织的大约 20 来块图版，上半块图文(英)并茂，下半块汉文翻译。那天有不少中学生在看，并且很用功，在记笔记。但我看联合国教科文组织有点老气横秋，像旧中国时外国传教士的口气，画面大都是讲第三世界在生态环境保护方面的失误，在教训人。而可笑的是，图版讲解中倒有些非马克思主义的错误。不知中学生们记没记进笔记中去！幸而同一展室中有我们自己准备的 4 块图版，内容十分全面正确，看了令人高兴。因此，看了展览回来就想写点关于环境系统工程的东西。

正在这时候，北京市环境保护局科技处的孙吉民同志来信约稿，说《环境保护》编辑部要宣传环境系统工程，所以，我就写了下面这些话。当然这些看法不一定对，说出来是为了请同志们批评指正。

一

首先，我认为所谓人与生物圈的概念是不够确切的，它不能把今天人活动的范围全部包括进去，倒是如同中国科学院地理研究所浦汉昕同志指出的，苏联科学家用的地球表层或地理壳更准确。地球表层包括上至大气对流层顶层(在极地上空约 8 公里，赤道上空约 17 公里，平均约 10 公里)，下至岩石圈的上部(陆地上约深 5～6 公里，海洋下平均深 4 公里)，这才是今天我们人在开发利用，并有很大影响的范围。因此，环境的涵义，现在应该是地球表层，而不是什么 MAB。

浦汉昕指出，地球表层所包括的非生物、生物和人可以看作是一个巨系统，而且是开放的、有序的巨系统，因而也是诺贝尔奖金获得者 I. Prigogine 所说的远离平衡态的耗散结构，是活

的，不是死的，是在发展、演化的，不是静止不变的。为什么说它是开放的而不是封闭的呢？因为地球表层同它以外的地方有物质和能量的交换：从输入到地球表层的方面来说，有太阳辐射，大到 1.73×1017 瓦的功率；还有潮汐能 3.5×1013 瓦；地壳深处也向地球表层送热岩浆；地球表层也接受来自天上的各种粒子流，如宇宙线，以及电磁波；还有流星、陨石；等等。另一方面，地球表层也有输出，最大的一项就是同太阳辐射能大致相等的红外辐射，散发到宇宙空间；还有少量的质轻的气体分子散溢到上层大气，以至空间；在地壳板块边缘处，也会有岩层离开地球表层斜插入深处；现在人们还把人造卫星、飞船送入太空；等等。对地球表层来说，进来的东西不等于出去的东西，在地球表层内部变化了，所以地球表层是开放的。

为什么说地球表层又是有序的呢？第一因为它是在有规律地发展着，或说地球表层是在进化着，从形成地球时的无生命的地球表层到有生物的地球表层，再从有生物的地球表层到今天居住着有高度物质文明和文化的人类的地球表层，已有几亿年的历史了。这一点浦汉昕已经作了说明，我不再在此重复了。我想指出的是地球表层巨系统的有序性还表现在它的多层结构，而多层结构是有序巨系统的特征。有什么层次？从保护环境的角度来说，最基层的一级结构是一个工厂、企业，一个生活区，一片林地，一块农业种植田，一片渔业水面等。对后面这几种结构，一个非常重要的概念就是生态群落的思想，对此我国生物学和农业工作者已经有很多研究并在实际运用中取得很成功的经验；最近西北林学院的张亮成同志作了总结。对于养鱼池塘的生态群落，广东顺德县杏坛公社逢简大队第七生产队员梁二妹的淡水养鱼丰产经验是惊人的，她在 1982 年，亩水面年产鱼 1139 公斤！这都是学问。

地球表面层结构的再上一个层次就是一个地区的环境。地区的划分不能是按行政区域，不能是什么市、市管县，而应该根据实际情况，相互影响的关系，也就是相对独立性来定。例如长江三角洲是一个地区单位。我们国家大约有几十个这一级的结构。

更上一级层次就是国家层次，最后当然是世界层次。所以从基层单位算起，一共有四个地球表层的结构层次。在分层次中，我们以人的活动为主，自然条件为辅来划分，其原因就是因为人在今天是主宰地球表层的，是地球表层最活跃的因素。这也就说明我们认识地球表层的内在关系，它的运动变化规律是多么重要了；不认识会导致策略错误，办蠢事，以致使地球表层的演化不是向进化发展而是向退化发展。为了引起重视，我建议称这一门学问为地球表层学，是一门跨地理学、地质学、气象学、工农业生产技术、技术经济学和国土经济学的新学科。因为我们在研究一种巨系统，是有层次的有序结构，所以需要系统科学的基础科学——系统学的帮助。我们要创立地球表层学，从而深刻认识巨系统的运动规律，并且找出使环境改善和进化的理论根据。

二

现在也就清楚了：我们讲地球表层巨系统，提出要创立地球表层学的目的是因为地球表层的一切变化将影响我们的环境，为了搞好环境保护的工作，有必要深入研究它，以建立必要的理论基础。而且既然已经肯定地球表层是个巨系统，那么管理这个巨系统的技术也就肯定是一门系统工程，环境系统工程。所以地球表层学是环境系统工程的理论学科，而环境系统工程又是应用地球表层学来保护和改造我们的环境的工程技术。

既然保护和改造环境是一门系统工程，那么环境系统工程也还要依靠系统工程的一般方

法理论学科，如运筹学，以及电子计算机技术和控制论等。环境系统工程也要运用国土经济学的成果。

下面我来讲讲有关环境系统工程的轮廓性的意见。

根据地球表层巨系统的概念，在环境系统工程中也要明确分级解决：第一级是有关地球表层巨系统的第一个层次的，即工、农业生产和人民生活的基层单元的；第二级是有关第二个层次的，即区域性的；第三级是有关第三个层次，即全国家的；第四级是有关第四个层次的，即全世界的。每一级的环境系统工程的工作任务都不尽相同，管理的方针也因此要有区别。

从国家行政角度来讲，第一级的环境系统工程主要是制订法令、规定，要求各基层单位严格遵守，不得污染环境。另外就是监视的取样测量工作。当然标准要适度，要逐步随技术的改进而提高要求。这就要求引用效益分析的科学方法，比较各种监测标准的经济效果，权衡利弊。另一方面，我们也要作宣传工作以提高人们对保护环境的重要性的认识。以前我们对此做得很不够，对利用废水、废气、废渣的意义总是从防治祸害来看，而不从积极意义来看，比如废物实际上是人造的资源，而且是送上门来的资源，不用去开矿，不用去远道运输，就在手头！我们还要指出所谓废弃物的利用，不但工业是如此，农业也应如此，也要努力发展。这一级的环境系统工程工作是基础，基础打好了，再上面几级的工作才能进行，比如酸雨问题就是如此。充分利用废物，变废为利，应该是社会主义制度的优越性表现之一。经济学家许涤新同志对此已讲得很清楚了。

更上一级到第二级的环境系统工程是以一个地区为单位的。这里第一位的环境改造工作是植树造林，进行绿化，包括培养花草，现在国家十分重视这项工作，发出了绿化祖国的号召。我想有关的环境工作还有恢复露天开矿所破坏的地表，改造矿渣堆置的地面等，使他们重新成为生机勃勃的地方。这个问题在工业发展较早的国家已成为公害之一，美国每年增加这种人造荒原 500 平方公里，现累积已达 15000 平方公里。我们从现在起就要注意，从一开始就避免这种破坏，随时恢复。更积极的环境系统工程工作是控制气象，如在我国东南部沿海地区，改变台风运动的方向，不叫它登陆，做到有台风降雨之利而无台风破坏之害。再进一步搞人工降雨也有可能，这原是 50 年代就开始了的气象技术，后来在资本主义国家又衰退下去，无人问津了，原因是降雨区控制不准，一家投资，雨下到别人那里了，不能得利。这个问题在我们社会主义国家是可以解决的。

再上一级的环境系统工程是全国性的、跨地区的了。我国现在正在营造北部林带以防止沙漠化，就是这类措施。今年开工的东线南水北调工程也是这类措施。随着社会主义建设的进程，这一级的环境系统工程措施会因国家力量的增长而多起来。但国家一级环境系统工程还要考虑另外一个方面的问题，这些问题解决得好，又能反馈到下面几个层次的环境保护和改造。例如，国家的能源政策，要解决烧煤带来的麻烦而改造燃料煤，要大力发展沼气解决农村能源和城市污水处理问题，要充分利用水力和风能等清洁能源等等，这都将为第一级、第二级的环境系统工程创造条件。其实建筑形式也对环境有影响，能够节能的建筑，冬季保温，夏季凉爽，也能有助于保护环境，减少污染。中国建筑学会副理事长、兰州市副市长任震英同志提倡黄土高原的窑洞是有道理的，国外不是在搞地下建筑吗？窑洞是几乎在地下的建筑，加上现代技术完全可以成为现代化的住房和工作用房。联系到环境保护，国家现在就要研究由核能利用后产生的核废料的处置问题，这是一个世界各国都没有很好解决的问题，核能要大发展，我们要赶快研究，提出全面的方案。

最后一级环境系统工程是关系到全世界的环境保护和改造；特别是今后长期的演化，是恶性的，还是良性的？大气中的二氧化碳浓度真的在不断增加吗？真有所谓温室效应而气温上升吗？但全球环境系统工程是一项国际协作的工程，联合国教科文组织的人与生物圈委员会是不大能有什么作为的，因为解决国际事务问题远比说教要困难得多。

前面讲的四级环境系统工程又是一个整体，因为环境就是地球表层这一统一的巨系统，是互相关联的。这是环境系统工程的一个特点。当然我在这里讲的也不一定都全了，会有遗漏，例如非常重要的天气预报、地震预报就没有列入环境系统工程，而气象与地震都是影响环境的重要因素。

三

我在以上的文字里，讲了我所认识的整个环境问题，它的理论科学——地球表层学，和它的工程技术——环境系统工程。可见它是多么复杂庞大的问题，现在国务院有了城乡建设环境保护部，是大好事。但现在仅仅是个开始，为了我们的子孙后代，为了社会主义、共产主义的明天，我们要做的工作还多着哩！我们要认真研究这个问题，建立必要的研究机构。此外，既然是个新的事业，是开创性的工作，我们就要认真考虑培养工作人员的问题。听说有的研究单位已经开始在招研究生，造就专业工作者，这是应该的。

看来所有这一切都必须有个通盘规划，目光要放远些，要看到21世纪！

本文原载《环境保护》1983年第6期。

附录 3

工业革命的挑战和我们的对策

钱学森
1984 年 3 月 3 日

1　科学革命、技术革命、产业革命和社会革命

首先，所谓挑战与对策，我们不能有一种消极的理解。挑战来了，没有准备，对付一下，我想决不是这么个含义。我的理解：我们应该利用一切可以利用的新的技术革命（这个技术革命是复数的，不是一个技术革命），利用一切新的科学技术发展，包括社会科学的发展，很好地，积极地完成党中央交给我们的任务。

（1）科学革命

在谈技术革命的时候，我想讲得宽一些，人类社会活动的进程是曲折的，有时前进，有时停滞，有时又飞跃。飞跃就是革命，这是符合马克思主义哲学观点的，任何事物的发展都是如此。人认识客观世界也是不平坦的，有曲折的。人类认识客观世界的飞跃叫做科学革命，这个词借用于美国哲学科学家托马斯·库恩的《科学革命的结构》一书，书中有些我们赞成，有些不能赞成，是唯心主义的，借用他的"科学革命"这个词，就是指人认识客观世界的飞跃。这方面可以举很多例子，例如古代认为太阳绕着地球转，后来，在文艺复兴开始时，16 世纪中叶哥白尼认为这个不对，是地球绕着太阳转，推翻了地心说，建立了日心说。这件事我认为是一次科学革命，因为是人认识客观世界的一个飞跃。此后，我们对天体运行就有了完全不同的看法。后来，在 17 世纪下半叶牛顿力学的建立打破了古希腊沿袭下来的关于运动的看法。牛顿三定律也是科学革命。从前的燃素说，由于氧的发现被推翻了，也是科学革命。到了马克思、恩格斯时代，恩格斯特别指出到 19 世纪中期有三个科学进展：细胞的发现，能量的转换（如机械能变为热能，热能变为机械能），还有生物的进化。这三大科学发现，改变了科学的面貌，是人认识客观世界的飞跃，也都是科学革命。然而我们不能认为认识客观世界的飞跃只限于自然科学。马克思在 19 世纪中叶连续提出历史唯物主义、剩余价值学说。这两个理论也是划时代的贡

献，是人类认识社会的飞跃。马克思一个人就完成了两项科学革命。不久以后，出现电磁场理论，把电、磁结合在一起，这个理论也是科学革命。

到了20世纪初，科学革命就更多了。巴甫洛夫学说把人的心理、生理和脑神经系统的活动联系在一起(这得到列宁的高度评价)，打破了认为意识、精神是不可捉摸的东西，不仅说人的意识是精神，是来源于物质的大脑，而且提出来是怎样来源于物质的大脑的。所以，这也是人认识客观世界的一次飞跃。再有爱因斯坦相对论，量子力学和现在蓬勃发展的量子场论都是科学革命，这都是人认识客观世界的飞跃，这个概念是符合马克思主义哲学的，合乎辩证唯物主义的。科学革命这个词来源于美国人，我们可以给它以马克思主义解释，我所谈的这些，无非是举例说明这个概念，不是讲科学史，有的事例是否妥当，还可以再斟酌研究。

(2)技术革命

以上讲了人认识客观世界的飞跃，叫科学革命。那么人改造客观世界的技术上的飞跃叫什么呢？叫技术革命。这个词毛泽东同志很早就用过。特别是1969年明确提出技术革命这个概念。当时，毛主席想把技术革新和技术革命区分开来：一般的技术改造，小改小革叫技术革新，大的根本性的突破性的变化叫技术革命。还举了三个例子，说蒸汽机，电力，原子能(核能)是技术革命。这个概念就比较清楚了，也就是什么叫人改造客观世界的技术飞跃就很清楚了。我们现在应该用毛泽东同志提出的这个概念，这比国外提的严密得多，科学得多。技术革命就是人改造客观世界技术上的飞跃，从远古历史上看，也有技术革命，如石器的制造，火的利用，还有许多许多。后来，蒸汽机、内燃机、化学工程(化学用到生产上)、电力、无线电、通信传输、航空技术的出现，都是技术革命。最近，20世纪中叶，技术革命出现越来越快，成群地出现，新的技术革命群包括很多内容：电子计算机、遗传工程、激光技术、核技术、航天技术、海洋工程等等都是新的技术革命，是技术革命群。在新的技术革命里，我觉得还应增加一个内容，即系统工程，人学会怎么来组织管理复杂的人为系统。这是了不起的事。过去没有很精确的科学定量的方法，而现在有了。从不精确到精确，从不定量到定量，从简单到很复杂的系统，这确实是人改造客观世界技术上的飞跃。

人类社会的发展，事物的发展，当然不止于科学革命和技术革命，还有其他革命，我们一般讲的革命是指社会革命。社会革命是社会制度的飞跃，从原始公社的崩溃到奴隶社会的建立，从奴隶社会制度变为封建社会制度，从封建社会制度变为资本主义社会制度，都是社会制度的变革，飞跃。社会主义社会制度的建立是又一次人类社会的飞跃。这是大家熟悉的，叫社会革命。

(3)产业革命

现在的问题是，还有一个词叫“产业革命”。产业革命我们不能避而不说，不提这个调整不行。长期以来，人们公认18世纪末生产制度，工业的变化称作产业革命。恩格斯在1845年《英国工人阶级的状况》一书中也用了产业革命这个词。但是，在资本主义国家，产业革命这个词用的很乱，有时把属于技术革命范畴的事也叫产业革命。常常还有政治含义，这个含义就是马克思主义，共产主义不灵了。因为他们说马克思主义是在18世纪末的产业革命基础上建立的，马克思没有看到现在的产业革命。因此，现在又有了产业革命，马克思的理论就不灵了，目前他们在很多文章，书刊中都有这个含义。比如风行一时的托夫勒的《第三次浪潮》一书中就

包括了这种政治上的含义，即新的产业革命可以挽救没落的资本主义制度，资本主义的困难有救了。在这么一种混乱的情况下，我们现在暂不提产业革命，而提新的技术革命是对的。但是，产业革命的概念是不好回避的，1845 年恩格斯在《英国工人阶级的状况》一书中多次谈到产业革命带来的英国生产体系组织结构和经济结构的巨大变化，仔细读一读这本书，就可以明白这个概念，产业革命是指生产体系的组织结构和经济结构的一次飞跃。用科学的观点，或者说科学的社会主义，历史唯物主义的观点看问题，应该承认有产业革命这种现象，有生产体系组织机构的革命。联系到现在的所谓“第三次浪潮”也好，所谓“第四次工业革命”也好，或者我们说的新的技术革命也好，不能不提出这样一个问题：新的技术革命群的出现，会不会再一次引起生产体系的组织结构和经济结构的飞跃？如果会的话，这是不是也是一次新的产业革命？再有也就是现在在中国农村中的变化，这是非常重要的事。这些变化是不是意味着在我国会产生一次更新的产业革命？这些想法提出来供大家研究，现在应把它放在比较严密的科学基础上来研究。我的建议就是把它作为体系的组织结构和经济结构的飞跃。从这个观点来看，历史上的农牧业的出现和商品生产的出现，这在我国一次是公元前大约 5000 年，一次是公元前 1000 年，两次是不是可以叫做产业革命？18 世纪末的那一次，恩格斯早就说了，是产业革命，19 世纪末 20 世纪初的垄断资本主义中出现的生产体系是不是又一次飞跃，又一次产业革命？现在的这些新的技术革命会引起生产体系组织结构和经济结构的很大变化，是不是会引起产业革命？还有，中国现在农村的变化，这些都是值得研究的。

人类社会活动的发展是有飞跃的，有阶段的，这个概念不会有问题，那么用到科学革命（人认识客观世界的飞跃），这个可能没有多大问题。用到技术革命（人改造客观世界的飞跃）也已经肯定。社会制度的飞跃叫社会革命，是大家公认的。现在吃不准的是产业革命，这是很重要的概念。为什么？因为这是认识我们面临的问题的一个重要方面，不是个别的，局部的变化，而是整个生产体系组织结构和经济结构的飞跃，我们还是要用产业革命这个词。生产体系组织结构和经济结构飞跃起源于一系列技术改进或技术革命引起生产力的巨大发展。根据历史唯物主义的基本概念，就是生产力与生产关系，经济基础与社会上层建筑的关系，由于生产力的发展，相应的生产关系，上层建筑必然有变化。这个变化体现在生产的组织结构和经济结构的飞跃。这就是产业革命，按照这样的概念来追溯历史，除了 18 世纪末以来的几次产业革命以外，人类历史上至少还出现过两次产业革命。第一次是原始公社开始出现农牧业（农业、种植业、畜牧业），人可以有所作为，整个生产关系发生很大变化。这也是产业革命。在我国是 7000 年以前的事了。往后，距今约 3000 年，商品生产的出现。由于奴隶社会的发展，生产力有所提高，生产不仅为奴隶主消费，而且也作为商品交换，生产组织结构是一次大的变化。商品生产的出现也是一次产业革命。是否是这样？历史学家可以研究。在 19 世纪末 20 世纪初，垄断资本主义生产方式体系的出现，是不是也是一次产业革命？列宁在他的名著《帝国主义是资本主义的最高阶段》一书中讲了生产组合的变化，金融资本的出现等等。列宁在书中着重从政治上批判了帝国主义的反动性，但也讲了整个生产体系的组织结构和经济结构的变化，这跟自由资本主义时代一个一个工场主的生产关系是很不一样的，从刚才所说的产业革命的概念看，是不是可以说在 19 世纪末 20 世纪初也出现过一次产业革命那一方面的变化，这是很重要的一件事。

(4)社会革命

大家也许担心,一说产业革命就会说到社会革命上去了,两个词分不清啊!我们用科学的方法还是要分清楚。毛泽东同志说过,社会主义制度下的主要矛盾还是生产力与生产关系、经济基础与社会上层建筑之间的矛盾。也就是说,在我们的社会主义社会中,在将来的共产主义社会中,还会有生产力与生产关系的矛盾,经济基础与上层建筑的矛盾,引起生产关系和上层建筑的变化,而这种变化并不是什么社会革命。这就是说,我们在社会主义社会,就是将来的共产主义社会,生产还是要发展,科学技术还是要不断进步,生产力发展了,也还是会引起生产力与生产关系、经济基础与上层建筑的矛盾。不仅科学革命、技术革命,还有产业革命,在共产主义社会里也还是不断会有的,要没有的话,就不会进步了。再一点,凡是仅仅是生产体系的组织结构和经济结构的变化,还不能够说就等于社会制度的变革。因为社会制度的实质基本上就是这个制度是为谁服务的,最近在《红旗》杂志(1984 年第 4 期第 34 页)上刊登了钱忠起同志的一篇文章,驳斥了现在国外的一些说法,说有限公司的出现是对旧的资本主义生产组织的扬弃,这实际上是歪曲了马克思的话,外国人用这个话证明,你说我没有社会革命,而实际上是有社会革命的。我新的工厂组织开始了,这个跟以前不一样了。比如说,外国现在的股份公司里,有工人入股,说这不是资本家控制了,工人也在管。当然这是假的,工人入那么一小股,能顶什么事啊!还是资本家在那里控制,工人还是受剥削。所以,钱忠起同志的文章驳斥这个概念。这也就是说,仅仅是生产组织结构和经济结构的变化,并不能说是社会制度的变革。这是两码事。从另一方面讲,就是我们的共产主义社会,生产力的发展也还是会引起生产体系的组织结构和经济结构的变化。所以,这两个概念是可以分清楚的。这就是说,整个人类社会的发展,有四种革命是相互作用,相互关联的。这是一门大学问,怎么来研究?这应该是我们现在社会科学的一大任务,要把它搞清楚,因为资产阶级,资本主义国家的学者常把水搅浑。托夫勒说“第三次浪潮”会挽救资本主义,我听了就很恼火。1982 年在国防科工委作了一次报告,我说这是胡说八道,当时我也说过,托夫勒讲的那些技术我们不要忽视,而是应该利用的。

(5)发展前沿科学,迎接新的科学革命

因为我们生活在这么个世界,许多问题必须用马克思列宁主义、毛泽东思想来把它澄清,把它搞得很清楚。我们有科学社会主义,就能够认清这个问题,可以解放思想,大胆地阔步前进,为什么是要讲这么长的一段话呢?还是为了研究我们的问题。现在大家在研究的这些新的技术革命,确实是一个技术革命群。如果不把上述四种革命的概念搞清楚,我们就不能把问题看得很清楚,我们不仅要看到新的技术革命,同时也要看到人认识客观世界的科学革命,还要看到生产体系的变化,这个非常重要。因为科学革命,技术革命,生产体系的变化或者叫产业革命,这些对我们的经济、国防建设和社会主义发展都有密切的关系。新的科学革命,将会大大开阔我们的眼界,给我们新的力量。比如说,要重视系统工程,这是一个技术革命。但系统工程要发展,还要有系统科学。现在我们就处在系统科学大发展的前夕,这个科学革命不久将会到来。还有一个就是人的思维。刚才已经讲了,在本世纪初,巴甫洛夫在科学研究上开始揭示精神和物质,意识和大脑之间的关系。从前这中间是有墙的,现在把它打破。研究人的思维,现在这个方面的研究工作很有希望。所谓人工智能就是想打破这个墙。造的机器也让它有一部分人的思维活动,现在所谓第五代计算机不就是这个东西吗?再有,这几年我跟张震寰同志提出的人体科学,这也是深刻地认识人到底是怎么回事。这对于人的发展会起很大作用。

系统科学，思维科学，人体科学，都是有可能在不久的将来要出现的新的科学革命。我们马克思主义者就是要有科学的预见性，我们不是等着事情来了，再应付一下，我们要有预见，有计划地推动这些科学的发展，来迎接这些新的科学革命。

同志们在这次会议上讨论的有直接关系的还不是这个，而是新的技术革命跟生产关系的组织结构的变化这个问题。列宁在《帝国主义是资本主义的最高阶段》这本书里讲了很多这方面的东西，可能是我们当时学这本书的时候注意力是在批判帝国主义的反动这一面，而对于书里的关于在 18 世纪末的那次产业革命之后又经过 100 年的时间发生的变化，没有注意到或者注意得不够，这个情况我觉得我们要很好地考虑。比如说，我们现在在讨论中常说的，我们很落后，搞一家一户呀，部门所有制呀，等等。这种情况，在资本主义国家不是不存在。不过他们是很早的事了，在 18 世纪它也存在。美国就有这个笑话，很有意思。美国有个大工业家，汽车大王福特，他是个很好的机械工程师，是有天才的，但是他的经营管理还是老一套，不是现代化的。他就是一个人，管几个人，那几个人再管几个人，这么一套管理办法，或者叫小作坊，小炉匠式的，小农经济的管理办法。他头一次开汽车工厂是在本世纪初的时候，他说他的汽车搞出来了，要生产，结果他的公司不久就破产了。福特不甘心，第二次再干，又破产了。然而，这老福特还要干第三次。他总结了经验，发现他那个办法不行，就用现代化的方法，后来福特就变成汽车大王了。他成功以后，又旧病复发，回复他那老一套办法，结果垮得快关门了。这个时候他才真正认输，说他那个办法不行。正好他的孙子在哈佛大学学现代经济管理刚毕业，他自己就退出来，由他的孙子当经理。老福特接连破产两次，第三次几乎破产，对他的教训是，老的一套，即一家一户的，小部门的生产方式是不行的，因为世界已经不是那个世界了。福特的这些做法，在他的那个时代的 100 年前，也就是退到 18 世纪末，可能还是行的，但是到 20 世纪初就不行了。这样，我们自己想一想，我们用的是什么办法？是不是还很落后，我们还没有认识到，生产力发展到了 19 世纪末 20 世纪初，已经有了一个飞跃，引起了整个生产体系的组织结构和经济结构发生变化。对于这一点，不承认不行，因为这是客观的东西。生产力发展到一定的阶段，生产关系、生产体系的组织结构不变化不行。苏联过去的办法，他们现在也承认不行，我们也知道我国现行的生产和经济体制有许多毛病，例如，吃大锅饭，还有我们的金融流通也非常之困难，你要把钱从这个银行转到另一个银行，只有你自己背着钞票从这儿走到那儿，再存进去。银行没有这个任务，他不管，他这个支行对那个支行不办理这个业务。这在国外是很笑话的事。在国外写张支票就行了。所以，同志们可以考虑一下，按我的说法，恐怕很多方面我们还没有完成上一次即 19 世纪末 20 世纪初的那一次生产组织结构的变化。或者说产业革命。我们是欠了账的。当然，我们也不都是 19 世纪初的样子，我们还是有工厂嘛，我们现在建了许多工厂。建国以来建了许多现代化的工厂，30 多年来我国社会主义建设取得了辉煌的成绩，这一点是举世皆知的。但是整个生产体系怎么组织起来，我们没有跟上形势。

(6)对第四次产业革命的认识

现在我们老账还没有还清，新的又来了。新的叫第四次产业革命。新的技术革命必然会引起生产体系的组织结构以至于经济结构的变化，这是必然的。因为这是历史唯物主义的观点，是生产力跟生产关系、经济基础跟上层建筑的关系问题。所以，我们现在考虑新的技术革命群，不能光考虑某个技术革命，而是要考虑这些技术革命对生产体系、组织结构、经济结构的影响，也就是体制将会有什么变化。而且既然是新的技术革命群，这个变化将不会是很小的，

会冲击我们，因此我们要很好地考虑。日本的垄断资本家从前搞金融垄断，现在他们说，金融垄断不行了，要信息垄断。这就值得我们考虑了。什么叫信息垄断？金融这个问题我们还没有吃透，现在又来了个信息，怎么应付这个局面？

信息垄断这个概念，我是这样认识的，我觉得用信息这个词不一定很合适，信息和情报外文都是一个词，都是 information，是信息还是情报，闹不清楚，所以有的人叫信息，我看叫情报也可以，但是，这些词都不很确切，我觉得这个话的真正含义，就是由于当今世界，由于这么多的技术革命、技术革命群：电子计算机，遗传工程，激光技术，航天工程，海洋工程，引起事物的发展变化非常之快，慢里慢腾是不行的，你一慢就跟不上趟，跟不上趟就要挨打。这就要求我们充分地，及时地运用人类创造出来的全部知识，全部精神财富，这个财富是客观存在的。形象地说，无非是在图书馆里，在你的资料库里，但是你不能用它，它对你也没有用处。关于这一点，我也讲一点体会，我回到祖国以后，觉得咱们的信息实在不灵通。在国外，假设你是搞某一行的，你这行的消息，你得支着耳朵听着。假设有一个什么发展，一个礼拜你还不知道，这就是一个大事，太落后。我发现我国科研人员，什么一个礼拜，两年不知道，对他也没啥。就这么一个状态。我知道，在我们这里工作的一些日本科技人员，他礼拜五下班还得坐飞机赶回日本去。人们起先以为他是去过周末，他说我不是过周末，我回去没进家门就钻到图书馆，资料库里去了，我得赶快看材料，要不然我在你们这儿待几个月，回去就落后了。这种对于知识（扩大来讲，人类的全部精神财富）的利用摆到这么一个高度，非要及时，要抓住；抓不住的话，就要被淘汰。人家抓住了，利用了，而你没有利用，就不行了。这是我们面临的一件事。要说是什么新的产业革命，什么信息社会呀，问题就在于此。因为这些精神财富，知识的创造速度非常高，数量大，你要不用的话，它就过时了，就没有用了。你用旧的，老皇历不能解决问题。跟不上，就要失败，对不对，大家研究。

我觉得核心问题是将会到来的产业革命，或者不说产业革命，就说生产体系组织结构和经济结构发生的变化，这是个大问题。其他的当然是科学革命、技术革命，那都是重要的。但是，说到产业革命这个概念，即生产体系组织结构和经济结构的大变化，怎么样及时地，充分地利用人类社会已经创造出来的精神财富，也就是情报资料、图书、信息传递、贮存、组织这些问题，这是个大问题。我们要充分地，及时地运用人类所创造出来的全部的精神财富。这里，当然要提出来一个问题：教育和智力开发。我们迎接这些变化，也就是挑战；我们的对策是非常重要的问题。我觉得，现在我们对这个问题是重视了，但是还不够。这个问题不多说了，这是教育与智力开发问题。

(7)新的技术革命与生产体制改革

下面还要讲一点，就是我们不但要看到世界上的这些发展，这些新的技术革命及其可能引起的我们生产体系的组织结构和经济结构的变化，而且我们要考虑一下我国农村正在兴起的这些变化，要看到这也许是一个萌芽，将会带来这个生产体系的组织结构和经济结构的巨大变化，因为自从 18 世纪末 19 世纪初在国外的那一次产业革命都是在集中利用煤、石油、天然气，现在利用核能。这些都是我们赖以生存的能源。实际上，太阳能是最大的能源，假如算一下到底有多少太阳能照到我国 960 万平方公里的国土上，那是非常惊人的，太阳的能量有多少呢？一年的光照大约相当于消耗 16000 亿吨煤，而我们现在的能源，就说煤吧，现在每年产煤 6 亿吨。将来翻一番，每年 12 亿吨。就算我们只有 1/4 的国土能够直接用于农业和林业，那么我

们按15亿人口平均，这样一个种植面积，植物的光合作用的效率如果算1%（这是搞得最好的，是可以达到的），大约每人就有5吨以上的农、林业产品。现在问题是，大量的浪费了，就是说太阳能没有得到充分利用，作为低温辐射，又到太空了，人没有用到，比如说，我们的农产品，粮食作物，一般只有一半供食用，还有一半我们不能用，如秸梗、稻草。不能用，你想法子让它经过什么步骤利用它里头的一部分也好嘛。我们的办法就是把这些稻草、秸梗沤肥后下田或直接把秸梗下田。它的能量分解以后直接散发到大气里了。假如把这些农产品的废物放到沼气池里去。可以产生沼气，你可以利用。这就是说，我们要用科学技术把农业变成一个高度知识密集的技术性生产体系，也就是中间尽量插入一些环节，比如说中和饲料，发酵饲料；利用牛粪种蘑菇，养蚯蚓；把饲料投入池塘养鱼；还有养蜜蜂等等。这些东西就是在整个农业生产体系里面用科学办法，用生物学，即现在说的生物工程，中间插入很多环节，让这个中间环节的产品又可为人所利用。还有很多东西作为废物丢了，比如骨头，可以制骨粉，还可以提取骨蛋白。树叶我们也扔掉了。树叶可以制叶蛋白。而这些东西都可利用来培养单细胞的蛋白，营养价值很高，至少可以做饲料。所以，我认为可以从这里面看出苗头。对农民，三中全会以来中央的政策是非常正确的，而且中央还不断地总结群众的创造，差不多每年年初都有个中央文件，这都是总结上一年度的经验，加以条理化。昨天（3月2日）报上登了耀邦同志关于一个造林专业户的材料的批示，这个人组织了几个民工，去年一年里就造林1500亩，实际承包还超过了1500亩，耀邦同志批示：如果全国有10万户，每户一年能造1500亩，那就是1.5亿亩，大体等于一个江苏省的面积。要是真有10万户像他这样干的话，那我国几年就可以绿化了。所以，调动了农民的积极性。这个变化那是大极了，就是农民现在用科学，把现代科学用到农业，林业，总的讲实际上是农、林、牧、禽、鱼、虫（蜜蜂、蚯蚓）、菌（蘑菇）、微生物（单细胞蛋白）、副（副业）、工（加工业），十业并举，这样的大的综合性农业，直接从事于种植业的那只是人口的少数，这将会变成什么样呢？也就是农村要变化，变成不是农村了，因为有大量的加工工业，农村大概变成小的城镇，小集镇，一个小集镇可能是几千人到万把人。这个趋势有的省已经出现了，这么发展下去，不要很久，到本世纪末，中国的农业实际上是大农业。刚才说的十业，能综合性的，充分利用的能源还是太阳光。但是我们可以把它利用得很巧妙，把祖宗多少年来扔掉的东西充分地利用起来了。这个变化我看是值得我们骄傲的，是中国人的。外国人没有，外国多少年来都是破坏农村，建设城市。这样一个变化，那是人类历史上的创造。我们把农业真正放到现代科学这个水平上来搞，高度知识密集，技术密集的，高效能的大农业体系。农村小城镇化是什么？这就是消灭两个差别。城乡差别、工农差别消灭了，再加上刚才讲的知识的重要性，一个劳动者没有知识恐怕是不行了。所以，我说一个劳动者也是一个专家，他要有很丰富的知识。这个前景是在我们的时代，就要消灭历史上形成的三大差别，而这个事情在我国是看得见的，恐怕到下世纪，到建国100周年时，就实现了。

所以，现在考虑建设社会主义祖国，来研究挑战的对策，我觉得必须看到这些将要到来的发展。第一，对上一次的生产体系的变革，或叫飞跃，就是19世纪末20世纪初的这次变化，我们还要补课。第二，我们要实现即将到来的这一次生产体系组织结构的变化。假如我们真正看到了这些，我们搞得好，那末，不要说我们到公元2000年，工农业总产值翻两番一定可以做到，要达到28000亿人民币，而且今后在这个基础上，到建国100周年，那我们递增的速率恐怕比现在计划的到2000年的递增速率还要大，这个前景是否可能？我看是可能的。只要我们看清楚了这个客观规律，有科学革命、技术革命、产业革命，又有社会主义制度的优越性，我们就

可以充分地预见到这个前景，而且有计划地能动地发展，充分利用这些客观事实，我觉得这就是我们确实要办的事情。大家是不是想到这些问题，看到这样一个前景？这就是总的来看我们所面临的任务。作为国家来看，这个事情就非常复杂了，因为国家的事务不仅有国防这个方面，还有好多方面都要全部综合地来考虑，来研究。在即将到来的这么一个历史时期，我们能够掌握住客观规律，能动地利用这些客观规律来建设我们的社会主义。这是非常复杂的问题，今天先不说这个问题。

2　几项具体建议

提一点更具体的想法和建议：

(1)应充分利用系统工程方法(这也是一项技术革命)

我们所搞的是这样复杂的体系，那么系统工程就非常重要了。这里第一个问题是现在已经决定执行的，批准我们办的，就是总体设计部，就是装备的总体设计部跟每一项装备、型号的总设计师这个体制，这个我们要贯彻执行下去。以前我在航天工业部工作时期有个体会，我们总体设计部的工作做得很好，但在这个部对于装备的可靠性和有效性的工作可能做的不够。可靠性，有效性方面的工作应加到总体设计部里去。这里有许多客观规律，我们的装备要定型，总需要知道使用起来有效性如何。这样才能为整个作战提供最基本的数据。

系统工程还要用到的一个方面，是工厂的生产体系。我们讲设备要更新，要不断采用新技术，但这个问题看来有各方面的困难，进展也不是很快，这里原因很多。我建议在工厂的生产中也要考虑设立生产体系的总体部，就是专管这个厂里的生产体系的部门。何时应恰当地、经济而有效地采用新的生产装备，用什么样的装备，新旧装备怎么结合，形成一个完整的有效的生产体系，厂里的总工程师或专门负责某一方面的总工程师就要负责这个事。因为这方面的技术发展是很快的。我们落后了就不能生产高质量的产品，设计人员的思想就要受到束缚，达不到它的要求。比如，怎样减少工装，很快保证高质量产品的生产。为了保证产品质量，工装是重要的。现在有办法解决这个问题，就是用电子计算机控制的生产体系。这样就可以使工装数量大大减少，几乎不用工装。前几年，让我管管国防科技大学的事，我就同校领导研究，开这方面的专业。电子计算机控制的生产体系，各工业部对此都感兴趣，但支持有困难(渠道，经费来源等等)。各工业部自己也在搞一些。这个问题很重要，对我们影响很大，可以降低成本，提高质量。最近，美国一份激光方面的杂志(Laser Focus，1983 年 11 月)讲，他们想把强激光用到计算机控制的生产体系中去，解决热处理，表面处理等问题，加上激光器、计算机控制管理的加工系统就把整个工厂的各道工序都捏到一起了，这是工厂生产体系中怎样组织，怎样计划协调，不断改进设备，保证产品质量，同时降低成本的一例。我们是不是要先考虑这个问题，工厂中的生产体系也要有一个集中的总体部。

关于系统工程提这么点意见。系统工程还可以更广泛地用到我们的事业当中去。为了挑战的对策，要考虑这个问题。

(2)用科学理论解决工程实际问题

40 年代至 50 年代初，我是搞应用力学的。那时我有一个感受，就是正值航空事业要突破

声障(从亚声速到超声速),此时,应用力学出了很大的力。这就是用科学理论解决工程里面的实际问题。工程师有一个问题不好解决,找我们去当顾问,我们做了一段工作,告诉他应该怎么办,哪一种成功的可能性大些,哪一种成功的可能性小些,不说死,趋向是可以讲的。这种顾问性的建议非常受欢迎,使他少走点弯路,达到资本家压倒对手的目的。在我脑中形成一个概念,科学理论与实际结合起来以后就能解决很大问题。这一点在我国好像注意不够。我们强调什么事都要用实验来解决,这是对的,实践是检验真理的标准嘛。但是怎么做实验,有巧的办法,也有笨的办法,巧的办法是把理论与做实验结合起来。尽量少做那些花费很大的实验。而代之以花费比较小而又容易做的实验,这就要靠理论。时至80年代,我们用理论的可能性大大增加了。40年代还没有电子计算机,我们用的是手摇的,电动的计算器。现在有电子计算机了,有"银河号"电子计算机,更可以大干了。这就是现在说的计算机仿真。理论和实验结合起来可以大大节省研制费用,节省时间。现在有一个问题,就是需要培养做这些理论与实验相结合工作的人才。这样的人才理论也懂,实际也懂。我们现在的情况是,懂理论的不懂实际,懂实际的不懂理论。要干这个活两方面都得懂。我们的高等院校应注意培养既懂理论又懂实际的人才,他还懂得工程师在世纪工程技术中会遇到的问题,他能把劲儿使到点子上。

(3)我们抓的巨型计算机体系工作还要抓下去

我们现在谈得更多的是微处理机、微型机,"微"是很重要的,但我要宣传"巨"也很重要,大的计算体系是不能代替的。例如美国广泛应用的"克雷—1","赛伯—205",这些机器的运算速度,照他们的算法是30兆浮点运算/秒。真正要用计算方法解决许多空气动力学问题(飞机设计、涡轮设计),计算机的速度还要比现在的"克雷—1"、"赛伯—205"快30倍,大概要1000兆浮点运算/秒。这些我们必须干,否则,没有计算机,理论和实际的结合就没有手段。小的计算机也是需要,是复杂的问题就需要用这种高速计算机。因此我们已开始的巨型计算机体系的研制工作还要继续下去。

(4)要研究与利用数学理论

在理论与实践相结合方面还有一个问题就是我们要用新的数学理论。当然,计算数学、软件这些还要发展。我们在这些方面的发展还远远不够。但是,我自己有一个体会,我们那时没有电子计算机,是手摇计算器,用它来干活的。我们这些搞应用力学的绞尽脑汁想办法,如何搞出一个具体而聪明的办法让很难计算出来的东西用手摇计算机计算出来。我们的数学理论学的并不多,从数学家来看,我们学的是很浅很浅的,我们大量的功力是花在如何把数学工具运用得更巧妙些。真是挖空心思啊!现在世界不一样了,现在这些麻烦的计算问题电子计算机可以给你干了,你就应该用更高深一点的数学理论来指导自己的工作。我发现外国人也注意到这个问题。计算机你让他怎么算就怎么算,算出来怎么回事,它可不保险!从理论上,大概要得出什么样结果,计算机不能回答,还是要人来做。这是什么学问呢?就是现在数学中的微分几何或称微分拓朴,这是专门研究微分方程的解的大范围性质或微分流型,即它的变化规律的理论。从前认为,微分几何或微分拓朴这些理论,应用上无关紧要,但现在变得很重要了,应用方面也要注意。这也联系到复杂系统到底向哪个方向变,要想预见这个问题,就要用高深的数学理论。理论和实际相结合,现在很有必要,否则我们研制工作的费用,时间的投资就太大了。

今天借这个场合，再讲一点感慨。我是1955年10月4日回到祖国的。在那年年底陈赓大将叫我给军委领导同志讲洲际导弹。后来，党中央下决心，周总理，聂老总直接抓，大家努力，今天我们已经有了洲际导弹，影响是不可估量的。1979年7月，我在各总部的领导同志学习会上讲过一次军事系统工程。在结尾时，我就说军事系统工程的意义确实很重要，把军事系统工程的这一套方法用得好了，对国防建设的意义不亚于我们搞洲际导弹的意义。今天我在这儿把这个题又扩大了一点，扯到科学革命，技术革命，产业革命上，讲到同志们要讨论的挑战与对策上，这更是整个国家的大事。我也深深地感到，这样的大问题难不倒我们，因为我们有科学的社会主义，有马克思主义哲学，辩证唯物主义，有历史唯物主义，我们可以解决这些问题，肯定能使我们的社会主义建设取得更加伟大的胜利！

1984年3月3日，钱学森参加五〇七研究所学术报告会，在会上作了《工业革命的挑战和我们的对策》的长篇报告，对科学革命、技术革命、产业革命和社会革命作了全面而深刻的论述。文章载于《人体科学与现代科技发展纵横观》，上海交通大学出版社，1996年，第128—146页。

附录 4

关于新技术革命的若干基本认识问题

钱学森
1984 年 3 月 10 日

建设中国式的社会主义现代化国家，我们首先要坚持四项基本原则，要贯彻执行党中央为我们国家所制定的新的历史时期的路线、方针和任务。但具体地办事，当然要靠科学技术。这里我们所说的科学技术，不只是一般所认为的自然科学技术，而且包括社会科学。在 1982 年秋天，我在中央党校的一次讲课中曾经建议，我们要研究和创立社会主义现代化建设的科学。这实际上是管理整个国家的理论，也就是社会系统工程或社会工程的理论基础。所以，核心也就是系统科学、系统工程在整个国家组织管理工作中的应用问题。这个观点就是我今天想讲的，目的无非是想帮助大家更好地理解和贯彻执行中央的政策，当然，我也可能讲不好，甚至讲错了，那就请同志们批评指正。

一 科学革命、技术革命和社会革命

这个问题实际上关系到人类社会的发展规律。任何事物的发展总不会是平稳的，总是有曲折的，有的时候前进，有的时候停滞，有的时候又形成飞跃，飞跃就是革命。

我想从四个方面来阐述这个问题，先讲三个方面。

一个是人认识客观世界的飞跃，这可以叫做科学革命。"科学革命"，这是借用美国所谓科学哲学家托马斯·库恩用的一个词。库恩曾经写过一本书，题为《科学革命的结构》[1]。库恩用的"科学革命"这个词有他自己的涵义，我们现在只是借用他这个词。这就是说，库恩有他的局限性，他的书里面有一些唯心主义的观点，这是我们不能接受的。但是，他认为人认识客观世界并不是平稳的，有时会出现革命。科学革命这个概念是符合马克思主义哲学的。

那么，在科学史上出现过哪些科学革命？有哪些是人认识客观世界的飞跃呢？比如，在 16 世纪，西方国家出现的所谓日心说，提出地球绕着太阳转，这在当时是人认识客观世界的一个飞跃。因为在更古的时代，人认为太阳是绕着地球转的，那是直接观察得到的一种感性认识，但这是不对的，实际上是地球绕着太阳转。所以，日心说的出现，是一场科学革命。又过了

大概一百年，到了 17 世纪，牛顿力学的出现，正确地解释了运动的规律，打破了从前的错误观点，这也是人认识客观世界的又一次革命，又一次科学革命。再往后，到 18 世纪下半叶，又有氧的发现。过去人们对燃烧现象的解释是不对的，认为有什么“燃素”，实际上不是那么回事。燃烧是氧化的过程，所以这样一个发现也是人认识客观世界的一次飞跃，也是科学革命。到了 19 世纪，恩格斯指出，有三个划时代的科学发现，这些都是科学革命。第一是细胞的发现；第二是能量的转换，例如机械能变成热能，热能也可以变成机械能，以及电能变成热能等等；第三是生物的进化，即生物的演化。恩格斯就把这三项作为划时代的科学发现，用我们的话说，这三项都是科学革命。当然，人认识客观世界，不仅限于自然界，社会科学里面也有科学革命。在 19 世纪中叶，就有两次社会科学方面的科学革命，这都是马克思创立发展的。一次是马克思提出并建立了历史唯物主义，这是一次科学革命。紧接着不久以后，马克思又提出了剩余价值学说，这也是一次科学革命。这两次科学革命，都是人对人类社会的认识的飞跃。再往后，又有电磁场的理论，把电和磁结合起来，这也是人认识客观世界的飞跃。到了 20 世纪初就更多了，比如巴甫洛夫的心理学，把人的心理作用和大脑的活动直接联系起来，这也是了不起的事，当时得到了列宁的很高评价。还有，大家更熟悉的，像相对论、量子力学。这些都是科学革命。到了现在，量子场论恐怕正在酝酿着一场科学革命。自然界有四种力的作用，其中最弱的是引力，还有弱相互作用、电磁相互作用以及强相互作用。量子场论要把这四种作用都统一起来，建立大统一的场论。现在这方面的工作还没有完成，一旦完成了，肯定就是一次科学革命。我举这些例子是想说明：科学革命就是人认识客观世界的飞跃。当然，我不是讲科学史。真正要研究的话，利用这个观点去研究科学史，那还可以更仔细地推敲一下我讲的这些是否都很合适，是不是分量都对。这还可以进一步研究。但是，科学革命是人认识客观世界的飞跃，这个观点我想是可以成立的。

第二方面，人认识客观世界是为了改造客观世界。人改造客观世界的技术，有没有飞跃呢？当然有。人改造客观世界的飞跃，就是技术革命。技术革命这个词，本来是毛泽东同志很早就用过。后来，1969 年他在一个文件的批示上很明确地提出了技术革命这个概念。当时，他是为了区别技术革新和技术革命。毛泽东同志在批示中讲到，一般的小的技术改进，可以叫做技术革新；而在技术上带根本性的、有广泛影响的大的变化，叫做技术革命。毛泽东同志不仅提出了这个词，而且还举了三个例子。他说，蒸汽机的出现是一次技术革命，电力的出现是一次技术革命，当今世界的原子能（现在我们叫核能）的出现也是一次技术革命。这样，就把技术革命的涵义很精确地定下来了，我体会他指的也就是人改造客观世界的飞跃。

从这个涵义考虑，我们还可以追溯历史上出现的其他技术革命。在远古时期，人开始学会制造石器，这在当时对于人改造客观世界是了不起的大事情。所以，石器的制造，在历史上是一次技术革命。后来的火的利用在当时也是了不起的变革，所以，也可以说是一次技术革命。到了近代，蒸汽机的出现、内燃机的出现，化学用到生产上，即化学工程技术的出现，电力的出现，无线电的出现，航空技术的出现，这些都是人改造客观世界的技术的飞跃，都是技术革命。到了现在，大家谈得很多的新的技术革命，像电子计算机，遗传工程，激光技术，核能、核技术，航天技术，海洋工程等等，这些都是技术革命。所以我们说，新的技术革命不是单数的，而是复数的，是一个新的技术革命群。我觉得，这些新的技术革命群，仅仅包括这些内容恐怕还不够，还应该增加一项，这就是系统工程。因为，不论是一个工厂，或者一项事业，甚至大到整个国家，要组织管理一个自然的或者是人造的复杂系统，现在不是靠思考、设想、估计就行了，而是

要靠定量的科学分析。这是一个了不起的变化，而这个变化即是系统工程带来的，所以，系统工程也应该作为人改造客观世界的飞跃，也是技术革命。

用这样的观点来看待技术革命，恰当不恰当？我对毛泽东同志在这个问题上说的话，理解的对不对？大家还可以研究。

再有一个革命是大家都很熟悉的，没有什么不同意见的，就是社会制度的飞跃。社会制度的飞跃，我们都叫社会革命，或者简称革命。比如说，原始社会的崩溃，奴隶制度的产生，这是一次社会制度的飞跃，一次社会革命。奴隶社会变为封建社会，这是又一次社会制度的飞跃，又一次社会革命。封建社会制度变为资本主义社会制度，这是一次社会制度的飞跃，也是一次社会革命。社会主义和共产主义社会制度的建立，这当然是一次社会制度的飞跃，是社会革命。这大概没有什么争论，是大家都很熟悉的。

二　产业革命

前一节里讲了三个方面，其中只是科学革命和技术革命有一些新的概念，还可以进一步研究，但我看问题也不太大。现在问题比较难解决的是第四个方面：产业革命。产业革命这个词是恩格斯早在 1845 年出版的《英国工人阶级状况》[2]一书里用过的。所以，在我们的经典著作里是有这个词的。但是，产业革命，还有什么工业革命，什么科学技术革命，这些词在资本主义国家用得非常乱。一会儿这样说，一会儿那样说，搞不清楚它本身的涵义到底是什么。在这样一种混乱的情况下，我们暂时不提产业革命，也很好。不过，这个问题不能回避，因为在恩格斯的著作里和马克思的著作里是有这个词的。我们应该按照辩证唯物主义和历史唯物主义的概念来研究一下，什么是产业革命？再则，资本主义国家所谓的产业革命，“第四次世界产业革命”、“第三次浪潮”等等，还隐藏着一个我们不能赞成的思想，他们是企图把事情搞乱。这个思想就是：马克思理论、马克思主义是根据 18 世纪末 19 世纪初的产业革命的结果分析得出的，而你们的科学社会主义也是以此为根据的。现在出现了新的产业革命，马克思、恩格斯、列宁当然都没有见过这一次新的产业革命，因此他们的学说和理论不灵了。他们反过来又攻击我们说，你们那一套东西，你们的共产主义、科学社会主义都成问题了。托夫勒就在他的书里大肆宣扬现在出现了新的产业革命，或者“第三次浪潮”，因此资本主义又可以得救了，资本主义的矛盾，现在可以解决了，这种说法，当然是要把水搅浑，是没有根据的，我们必须严肃地加以分析和驳斥。所以，我们必须把产业革命这个涵义讲清楚。我觉得，我们应该抱着这样一个目的，重新认识产业革命的意义。

为此，我们还要回到恩格斯的《英国工人阶级状况》这本书。书中恩格斯用了很大的篇幅描绘了 18 世纪末到 19 世纪近六十年中，英国工业、交通运输，以及农业的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。所以从恩格斯的书，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还有农业，交通运输，以至经济关系的变化。因此，如果说成一个定义的话，产业革命就是生产体系组织结构，以及经济结构的飞跃变化。它是因为生产技术促进了生产力的发展所导致的飞跃。这样说能不能成立？让我们从几个方面来探讨。

首先是，这个定义，能不能适用于人类的发展史？人类历史上还有没有其他例证？我认为在古代历史中就有产业革命。一次是在原始公社时期，农业生产和畜牧业生产的出现，大大改

变了人完全靠采集或猎取自然界的植物产品和动物产品而生活的生产体系，人类自己也能至少是部分地控制生产了。由此生产体系形成了飞跃。所以，农牧业的出现是一次产业革命，可能是人类历史上的第一次产业革命。这在中国，可能是七千年前的事了。已用碳一14测定为七千年前的浙江省余姚县河姆渡村的上古遗址[3]，标明那时候已有农业生产。如果这是人类历史上的第一次产业革命，那第二次产业革命可能是在奴隶社会中，第一次出现商品生产，也就是为交换而生产。这也是一次生产体系组织结构和经济结构的飞跃，因而也是一次产业革命。这次产业革命在中国大约出现在公元前一千年，也就是三千年前。这样说来，18世纪末，19世纪初的那次产业革命是人类社会中的第三次产业革命了。

再有一个问题是，产业革命能不能同前一节讲的社会革命分开？是不是不同的事？我认为是可以分清的，不一样的。首先，我们从过去的事例中可以认识到这一点。例如，在资本主义制度下出现了股份有限公司，马克思也说过这是生产形式的转变，但这种转变是在资本主义生产方式本身范围内的扬弃，并没有改变资本主义制度[4]。在今天的资本主义国家中，也有工人买上一股至若干股公司的股票，但工人的股票微乎其微，不能控制公司大权，工人还得听资本家的，还是受剥削。所以，生产体系的组织结构和经济结构可以有大的变化，甚至飞跃，出现产业革命，而社会制度可以不变。

这个问题在我们国家可以看得更清楚。我们国家的社会制度，或说国体，自过渡时期后，从1954年9月第一届全国人民代表大会第一次会议制定第一部中华人民共和国宪法以来，一直没有变，是社会主义社会制度，是社会主义国家。但生产关系、上层建筑却有许多变动。第一，政体这个上层建筑是变了多次的。每次修改宪法都有变革，现在我们的1982年4月制订的新宪法，比旧宪法大大向前发展了。第二，邓小平同志提出的党和国家领导干部制度的改革，不是即将进行的一次生产关系和上层建筑的大变革吗？第三，胡耀邦同志在党的十二大的报告，赵紫阳同志在五届人大四次会议和六届全国人大一次会议上的报告，不都明确了改革的方针和任务，不都指出了生产关系和上层建筑急需变革的方面吗？第四，我国这几年在农村的变化，令人鼓舞，而这是生产关系和生产体系的变革所带来的。第五，现在我们国家有了船舶总公司、石油化工总公司、有色金属总公司等这些总公司，这不是在形式上类似于国外的垄断大公司，组织全行业生产的经济实体吗？但正如蒋学模[5]指出的，它们的性质仍然是社会主义的。我们还可以列举出其他许多许多我们国家在社会制度不变的前提下，生产关系和上层建筑的变化。这些变化都涉及到生产体系组织结构和经济结构的变动，而有变动、有发展就会形成飞跃。因为在社会制度不变的前提下，会有产业革命。

毛泽东同志早就说过：在社会主义社会中，基本的矛盾仍然是生产关系和生产力之间的矛盾，上层建筑和经济基础之间的矛盾。我们的生产力总要不断向前发展，因而生产体系的组织结构和经济结构总要向前发展，会出现飞跃，会有产业革命。

我们如果把产业革命说成是生产体系组织结构和经济结构的飞跃，同社会革命区别开来，是不是符合历史唯物主义的呢？从上面的论据来看，我认为是符合历史唯物主义的，同时也说明在国外的另外两个提法：什么“工业革命”，什么“科学技术革命”，是不确切的了。前者范围太窄，不够全面；后者词义不清，同我们讲的科学革命，技术革命分不开。我们的看法也更深入些，比起一些西方经济学家引用统计数字的什么“长波理论”[6]，能把问题的实质讲得更清楚些。但还应下功夫研究下去，特别是研究科学革命、技术革命与产业革命，以及社会革命的相互作用问题。

三　为了制定对策而应研究的问题

现在在研究对策的时候，大家谈新的技术革命比较多，但我们应该同时考虑可能出现的科学革命和产业革命，因为三者都是直接关系到我国经济建设、国防建设和社会发展的。新的科学革命将大大开拓我们的眼界，给我们新的力量。我希望中国科学院、中国社会科学院和国家科委能组织力量探讨这方面的问题。

至于产业革命问题，我认为对我们国家来说，还要“补课”，补19世纪末、20世纪初的那一次产业革命的课。19世纪末、20世纪初有一次产业革命吗？我想我们过去学习列宁的《帝国主义是资本主义的最高阶段》[7]的时候，只注意到列宁对帝国主义反动本质批判的一面，而对帝国主义生产体系中所反映的现代化大生产规律的一方面不注意，或注意不够。以往一说帝国主义，就认为它的一切都是腐朽的，没有我们可以学习吸取的。党中央已经指出这是错误的，我们要从发达国家吸取现代化大生产的组织管理方法，构筑起现代化大生产体系的组织结构和现代化大生产的经济结构。这不是一个个单独的生产工厂，而是一个全国性的生产体系，而且有国际交往，是个开放的体系，面向全世界的。再看看我们现存的“一家一户”呀，“部门所有制”呀，“一家一个小社会”呀，“大锅饭”呀；再加上流通落后，金融事业落后，我们不补课行吗？不行。我们必须补上这一课。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，这是人类社会中的第四次产业革命，而我们没有认识到。

在制订对策的时候，当然要研究现在正在出现的新的技术革命群会对生产体系组织结构和经济结构带来什么变化，会不会再出现一次产业革命？国外喜欢讲什么“信息社会”，日本的垄断财团在研究从金融垄断转到什么“信息垄断”。其实信息也可以译作“情报”，在外文里是一个词。但我感到“信息”也好，“情报”也好，都不见得讲清了问题。问题的实质是充分利用人类创造的全部精神财富，即知识，通过情报体系，使人类创造的精神财富能变为生产力。我们以前说，科学技术是生产力，现在还要扩大一点，人类的全部精神财富都是生产力，但是要看你会不会用，用得是不是及时。核心的问题，不是我们今天在哪项技术，哪项窍门里赶上去了，而是整个的技术，整个人类的精神财富能不能及时地掌握，需要的时候能不能一下子就拿得到。对于迎接新的技术革命，或者说将要出现的一次新的产业革命来说，这好似一个核心问题。

当然，说到人类的全部精神财富，就是知识、智力。所以，知识、智力的开发，是头等大事。我以前也提过，我说得很明确，但是有一点儿生硬。我说到了2000年，我们所有的干部都是大学毕业的了，司局长以上的都要是硕士水平的了，部长就得要博士水平的了等等。群众都应该是高中、中专水平了，群众当中的几分之一都是大学水平了，还要有相当比例的硕士、博士了。我这些话可能提得太具体了。我们大家都在学习《邓小平文选》，小平同志在文选里都讲了这个意思，精神都有了。我只不过说的更明确一点。假如这些没有解决，我们迎接新的技术革命，或者迎接新的生产体系组织结构和经济结构变化的产业革命，那是办不到的。

底下我还要讲一个问题，就是联系未来，联系21世纪的产业革命问题。在中国农村里，现在发生了天翻地覆的变化，是不是在酝酿着一次21世纪的产业革命？那就是农村的生产要素要变成一个高度知识密集的、技术密集的、高效能的大农业，综合农业体系。而这样的变化，必然要引起农村小集镇化，就是居民集中起来，变成是万把人左右的一个一个的点。在这里进行

综合生产，农田在它们的周围。当然，直接用到农业方面的劳动力只是几分之一，多数是搞加工的。我觉得我们要考虑这个前途，现在实际上祖国大地上已经出现了这种事例。就全国的情况看，在我们建国一百周年的时候，即 2049 年，离现在还有 65 年，这恐怕就要在全国范围内变成现实了。

这有没有依据呢？有，我觉得有依据，让我们从能源的问题说起。现在我们很着急，全世界都在研究能源问题。其实，太阳能是最大的一个能源。让我们算一下落到我们祖国大地上的太阳能。假设在 960 万平方公里的土地上只有一半能用来从事农业或者林业的种植；植物的光合作用只算千分之五的效率，也就是说，落在这个面积上的太阳光只有千分之五变成碳水化合物。这样子算下来，我们就是十二亿人口，平均每人每年也有五吨以上的农林产品。当然这五吨只有一部分是可以直接利用的，可以吃的，可以用的。问题是现在扔掉的东西太多了，浪费太大了，没有被人利用就扔掉了，让他们自然而然地又变成低温辐射散发到太空当中去了。解决的办法就是使太阳能充分为人所用，那就可以养人，那是一个了不起的能源。什么办法呢？那就是插入中间环节。比如说，把植物的秸梗、草、树叶子加工成综合饲料。饲料可以喂牲口；牛粪可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。加工成的综合饲料又可以放到池塘里去养鱼，且是多层的养鱼，一层一层地形成一个高效能的生态。那么，要搞成高效能的话，再加进饲料，一亩池塘的水面，可以产 2000 斤鱼。再加上生产沼气，养蜜蜂，养虫子等等。最近，于光远同志也多次讲到这个问题，用他的话说就是运用现代科学的穷办法。他说的富办法就是利用石油化工生产农业用的肥料，生产农业机械用的柴油。但是还有其他的方法，于光远同志叫做运用现代科学的方法。

我刚才说的也是这个意思。所有的废弃的东西，我们把它送到工厂里头加工，骨头可以变成骨粉，还可以制造骨蛋白；树叶子可以制造叶蛋白；所有这些农产品的废品，都可以培养单细胞的蛋白。这些，都是在不同的方面插进去的中间环节，而他们的产品又可以直接为人所利用，或者间接为人所利用。这样，我们的农业，不是农林牧副渔五业并举，而是十业并举：农、林、牧（养家畜）、禽、渔、虫（蜜蜂、蚯蚓）、菌（蘑菇）、微生物（沼气菌、单细胞蛋白这些东西）、副、工（加工业）等十业。也许还不止这十个。这就是综合性的、高度知识密集的、技术密集的大农业。谈到这个问题，我觉得要考虑的是，我们要不要建立这样的试验基地。因为，它是知识密集、技术密集的，需要大量的技术人员参加，全国铺开就有困难。我们就先选几个点，在不同地区、不同的条件下，建立一个点或者几个点来做实验，总结经验。

这样发展下去的前景是什么呢？是不是会引起再一次的产业革命呢？我想有可能。为什么呢？我们先看一看太阳能到底有多大。根据实测的结果，在我国平均每平方厘米的地面上一年能够得到的太阳光的能量是 120 大卡。在祖国的 960 万平方公里土地上，一年的太阳光能量就可以折合成 16450 亿吨标准煤。而且现在太阳能光电池，不是用晶体（即单晶硅）来做，而是用非晶体做的。这样，成本可以大大下降。这种非晶体的太阳能光电池的效率也并不低，据说有 10%，刚才我们讲了，能够得到的太阳能量是 16450 亿吨标准煤。假如祖国地面的面积上有十分之一铺上这样的太阳能光电池，而太阳能光电池能量的转换效率是 10%，那么我们就可以得到 165 亿吨标准煤的电能。这比我们现在的煤的年产量 6 亿吨，或是将来翻一番的 12 亿吨，要大多了。再一个是沼气，我也算了一下，根据现在的种植面积（就是我们可以利用的面积，沙漠先不算，冬天也不算），如果把植物光合作用产生的能量最终变成沼气来利用的话，我们也可以得到 20 亿吨以上标准煤的能量。这是第二条路。第三条路是，可以利用风力

(水力发电大家都知道了,我不说了)。风力现在不被重视。但是风力到底有多少?我估算的结果,要充分把祖国大地的风力利用起来,也可以发出几亿千瓦的电力。所以,假设我们把祖国大地960万平方公里上的直接太阳能,或者间接太阳能(像风能、水力,这些都是间接太阳能)都利用起来,那么我们的能源这个概念就要变化了。

此外,城市与农村的概念也要变化。在国外,历史上都是破坏农村建设城市。我们走的这一条路就不是这样,而是城市和农村同时建设;城市跟小的集镇,工业跟农业协调地发展。全国人口的80%是在农村的小集镇上从事大农业生产(上面讲的十个字)。在这个基础上,我们有大一点的城市。如果出现这样的居民结构分布,而且每一个劳动力的生产率,城市和农村也没有什么区别,那这个变化就是历史上所没有的。

还有一点,就是到了那时,可能最有效、最高的技术的居民点不是在地上,而是在地下。人都住在地下,冬暖夏凉,也用不了那么多空调和取暖。而地上则充分利用了。这样就彻底地解决了环境的问题。有史以来,人跟自然的关系,向来总是人跟自然打架,现在吃了很多亏。最后可能在21世纪的中国,人跟自然又更好地结合起来了,更和谐地结合在一起。这样的前景难道说是一个小问题吗?

四　大战略

我觉得,我们现在要考虑的问题是,要充分利用一切的科学革命、技术革命和国外的几次产业革命以及将要到来的产业革命,吸取他们这一套生产体系组织结构和经济结构的好的经验。第一,对于上一次的,即19世纪末、20世纪初的那一次生产体系的变化,或者叫产业革命,我们要补课;第二,要实现即将到来的这一次生产体系的变革,就是新的技术革命群可能带来的变化。而且,第三,我们作为中国人还要预见到更下一次的、由于我国农村的变化所可能引起的一系列的生产体系的组织结构、经济结构的变化。从现在到公元2000年,中央已经定了,就是工农业产值翻两番,达到28000亿人民币的小康水平。我们还要看到2000年以后,21世纪,到建国100周年,我们要怎么干。有的事情现在就要做准备。这样做的结果,那就是到21世纪消灭脑力劳动跟体力劳动的差别,消灭城市跟乡村的差别,消灭工业跟农业的差别。就是说三大差别的消灭将会在21世纪,在我们社会主义祖国实现。这是个很大的问题。我们从前学习科学社会主义老是想三大差别大概要到共产主义才能消灭。现在看来,由于科学革命、技术革命、产业革命的发展,这不是遥远的事情了,它将强迫我们非要消灭不可。我们社会主义制度要走向共产主义,但是,在这样的社会主义的优越的制度下,我们将会实现这一系列的变化,不然我们就跟不上趟。而这样的一个问题,是全面规划的问题。

同志们,为什么我提产业革命?也有一点想法,这个想法就是要重视整个生产体系组织结构、经济结构的整体性。也就是说,我们考虑对策,不能够根据哪一项技术革命搞一个对策,又根据另外一项技术革命又来搞一个对策,再根据另外一个再搞一个对策。这些对策最后怎么加在一起呀?所以,要考虑大战略。这个词是外国词,就是整体的战略,国家的战略。1982年11月,我在中央党校的一次讲课中提到,国家的功能,就是国家要办的事,有八个方面:第一就是物质财富的生产。第二是精神财富的创造。这就是我们经常讲的建设社会主义物质文明和精神文明的两大项。第三就是为这些服务的社会服务工作,这也包括交通运输,因为交通运输并不都是为物质财富的生产服务的。第四就是我们整个国家的行政体系,这就是上层结构。

第五就是社会主义法制。这个是非常非常重要的。人，首先要靠觉悟，再就是要靠管，这个管就是法治。第六，国际的交往，外交、外贸整个的交往就是一个整体。跟外国人打交道，他是一个整体。虽然他是公司出面跟你做生意，政府出面跟你讲外交，实际上后面都是通着的。第七个方面，就是国防，这方面的重要性，胡耀邦同志在党的十二大的报告和赵紫阳同志在人大会议的报告里都讲了。第八个方面就是环境保护，但光说环境保护还不够，还得加环境的改造，让它更适合于人的要求。在 1982 年秋天，我就讲了这八个方面，现在看还不够，还要第九个方面，就是人口、人才、教育、治理开发这些问题。一直要包括到老同志的退休，这些问题都要考虑，因为我们是社会主义国家，一个人从生下来到病死，整个是国家来负责的，这是个大问题。第十，就是思想政治教育战线的问题，特别是，我们实行对外开放，这个问题就变得更为重要。这十个方面，是不能单独考虑的，这十个方面加在一起，是一个总的大战略。

这样复杂的一个问题，要是没有新的方法，还是靠议论，靠判断，最后靠决策，靠这一套老的办法，我认为虽然有成功的可能性，但是恐怕犯错误、失误的可能性也很大。建国以来的这段历史上还是有不少教训的。难就难在我们一方面不能保守，另一方面又不能冒进，而要恰如其分，实事求是，科学地来办事。怎么叫科学地办事情呢？我觉得，这就要有定量的分析。而定量的分析，这在以前，那只是愿望，没有办法实现，因为整个社会的问题（刚才讲了十个方面的问题）太复杂了。每一个方面本身就很大、很复杂的。现在又有十个方面，或者还有更多的方面，整个国家作为一个整体来研究、来考虑，太复杂了。在过去，一没有理论方法，二没有计算工具，但是现在情况不一样了，我们既有理论方法，也有计算工具。所以，用科学的定量分析的方法来解决这个大战略问题，全国怎样迎接新的技术革命，迎接将会到来的在整个生产体系组织结构和经济结构以至于上层建筑的这些方面的变化问题，是可以科学地预见的。

我觉得，要完成这个任务，首先就是要认真地研究一下欧美这些生产先进的国家，或者说也就是帝国主义国家，他们的生产体系组织结构到底是怎么个情况，然后对比一下我们国家的现状。我们要分清哪一些是腐朽的资本主义的东西，哪一些是大生产体系的客观规律性的东西。前面那个我们不能要，后面的我们必须要。不那么干，就违背客观规律，就要失败，所以这是很重要的一项任务。

第二，看到差距以后，就根据中央已经明确的原则、方针、政策，提出改革的措施，并且制定出到 21 世纪初的发展轮廓。在这里，我们要采取不断革命论和革命阶段论相结合的办法，也要考虑分阶段一步一步地来进行体制上的改革等等。

第三，在这个基础上，我们要用系统工程的方法，也就是把系统工程用到整个社会、国家，那就是整个社会工程的方法，利用电子计算机来做整个国家体系的仿真模拟，就是在计算机上算。模拟计算我们宏观经济社会的发展，预测年复一年的可能进展情况。而在这个计算中，必然会发现问题，也就是原来的设想的可能不行，那么就要改变；或者说现行的哪一项国家制度、体制不合适，需要改变，不改就成为障碍。而这一些都是定量的，有数字的，不是说说的。经过这样的计算，就可以提出最优的模型。在这项电子计算机模拟工作里，当然需要计算机技术、自然科学技术方面的工程师。但是，我觉得要做这项工作，非常重要的力量是多年以来我们国家从事经济工作的专家。他们经过长期的实践，是有经验的，他们对问题是有看法的。他们的建议，他们的看法是宝贵的。我们要进行电子计算机模拟，怎么模拟？采取什么措施？怎么试法？也得有个初步的设想，这个初步的设想，只能来源于这些长期做经济工作的专家，因为他们有实践经验，当然各方面的意见我们都要听。这些意见，专家的意见都是宝贵的，这样才能

推动这个工作。

第四，就是根据这样一个长远的规划，制定年度计划。而年度计划，又可以根据实施的结果进行调整。年度计划的调整，也必然影响到长远的规划。也就是说，经过分析，经过计算机模拟的结果，还要在实践中考验，不断地进行修订。

经过这样一个不断工作的过程，就能用科学的方法制定我们国家的规划计划。到建国一百周年，离现在还有 65 年，这 65 年在我们国家，要经历天翻地覆的变化，要走到刚才说的 21 世纪那样子的一个新世界。在这 65 年的过程中，变化将会是不断的。一些老的概念，我想怕是不适用了。老的概念是在比较稳定的、社会发展比较缓慢的时候逐步形成的。什么通货，什么物价，什么财政收支等等这些东西，我大胆地说，不一定有用。因为我们是一个高速度发展的动态社会，老的概念认为是好的事，不一定是好的；以为是坏的事，也许不一定坏。那怎么叫好，怎么叫不好？这不能由概念出发，而是要由实际的结果来考虑、来考验。也就是说，我们要鉴别我们的计划、设想是好的，还是不好的，不要用老的概念，应该用新的指标，要制定新的指标。什么是新的指标？我们作为一个社会主义国家，新的指标只能是人民的幸福、人民的生活、人民的智力和文化有没有提高，我们的国力有没有提高，等等。这些都可以议论，我的意思就是不要用老的概念。因为在这样一个急剧变化的社会当中，这些老的东西是在比较稳定的社会中形成的，不一定有用，也许有用，也许没有用。

五　几点具体建议

那么，这个问题是不是就可以看的比较清楚了，那就是与发达国家从 19 世纪末、20 世纪初以来的发展，以及我们预测到的、可能引起的一些变化相比较，我们应该承认落后了。这个落后是有历史的原因，也有我们认识上跟不上的原因。这是必须充分认识到的，这是我们一切工作的开始。中央给我们制定了总的路线、方针、政策。我们怎么认识中央的方针，这是非常重要的。中央的路线、方针、政策是总结了经验的，是非常正确的。但我们要很好地贯彻执行中央的路线、方针、政策，除了需要下功夫，要学好中央有关文件，加深认识外，这里我提几点建议：

第一，我们要组织科技人员研究国外的、帝国主义的生产体系组织结构到底是怎么回事，哪一些是有用的，是代表了现代化的、大规模生产的客观规律的东西，是我们要吸收过来的；哪一些是腐朽的资本主义的东西，我们不能要。这个要下功夫研究。

第二，我们要组织科技人员预测一下，可能出现的科学革命、技术革命和产业革命，不能只是人家说了，我们才认识。

第三，所有这些情况，怎么把它捏在一起？这就是刚才我说的，要研究大战略，整体的战略。不是单方面的，而是整体的战略。要研究这个整体的战略，又有许多问题。比如说，刚才我已经提过的这四个革命（即科学革命、技术革命、产业革命、社会革命）是怎么相互作用的，这个要研究。或者也就是说，按我从前提过的，这就是社会主义的国家学，就是研究社会主义国家的一门学问，不是零敲碎打的，而是研究整个国家这么错综复杂的关系。自然科学里常常喜欢用“动力学”这个词，我们就是要研究“动力学”，而不是“静力学”；不是局部的，而是整体的；不是静止的，而是发展的。

第四，我觉得，要办这件事情，作为国家、党中央的助手，还应该有一个实体，有一个机构，

叫国家的总体规划设计的这么一个参谋、咨询机构。这个设想,我是从自己从前多少年来搞导弹这个工作想到的。导弹是非常复杂的,复杂到什么程度呢?不是一个总体设计师或者加上几个副总设计师,几个人能够掌握整个情况的。为总设计师、副总设计师工作的,为他们提供咨询或者服务的,还有一个班子,我们叫总体设计部。这个总体设计部把整个复杂的系统的每一个方面的情况吃透了,然后把它综合起来,加以分析计算,看其结果如何,发现里面的问题,向总设计师、副总设计师报告。这个时候,总设计师、副总设计师才能够根据这些具体计算的情况来作出判断。我们的总设计师、副总设计师,如果没有这样一个总体设计部,他们是无能为力的。不管有多大能力的人也是没有办法的,因为脑子里装不下那么多东西。所以,我认为,现在提出的整个国家的问题,那就更需要这样一个"总体设计部",需要各方面的专家来参加。同志们也许会说,是不是一定需要这样一个"总体设计部"?能不能采取分散咨询的办法,把题目搞出去,请一组一组的人来干;或者采取开讨论会、专家会议的办法。我认为这两种办法都可以用,但是还得要这个总体设计部。因为你分散出去,不是整个的啊;你让专家来参加会议,他不是整天在这里干的,他只是参加那么几个小时的会议。从前我也听说过专家们是苦恼的。当他参加这些会的时候,一到会场就发给他一叠子材料,他还没看完,主持会议的领导就说,某某同志你有什么意见?这些专家也只好凑合着说几句,那就是不大着边际的,大概比较保险的话。这也难怪他们呀。他没有吃透情况,而且也不是坐在那儿光看材料就能吃透的,他还要计算,好多的计算问题是很复杂的,还得用电子计算机来算。所以,专家的讨论会要开,专门的题目也可以采取咨询的方法,请哪个专业方面的同志来解决。但是,国家的总体规划设计的这个总体部,我认为还是必须有。没有这个总体部,刚才说的这一套现代科学的方法,就要落空了。因为这样一个单位,它要用的计算是很复杂的,可能要用千万次、一亿次的计算机才行。为了运转这些计算机,又要有专家。要研究这些方法,也得有专家,老的方法怎么利用才能适应我们的问题,这是一方面;另一方面还要创造新的方法,研究新的方法。

所以,我觉得,这四点建议,还是很重要的。我认为不可避免地要建立这样的机构。如果说到外国的话,美国就有这样的机构,什么兰德公司之类就是这样的单位。它就是一个专家咨询集体,有电子计算机,有各方面的专家。问题在于不是只开开会而已,而是要具体干,最后要拿出方案、建议来的。今天我们中国也有这一方面的人才,完全可以成立这个总体部。

第五,我们国家科委、中国科学院要注意的,我们中国科协也要注意的,就是发展系统科学。刚才说的方法,现有的系统工程的方法是可以用的。但是,要解决我们国家这么复杂的问题,它也有不足的地方。我们在科学理论方面,在系统科学的理论方面还要进一步搞,才跟得上我们整个的需要。关于系统科学方面,也可以向同志们报告,我们国家是有人的。比如,中国科学院就有系统科学研究所;我们北京大学就有廖山涛教授,专门搞微分动力学,实际上是系统科学;北京师范大学物理系主任方福康教授,他是到比利时专门向诺贝尔奖金获得者普里戈金学系统科学的,其他的我没有说到的还很多。但是,他们的工作怎么组织起来,这是很重要的,要发展系统科学。

这样,我们有了方法,有了大型计算机,又有那么多专家,我们把人、机器、方法、理论,整个组织起来,我觉得完成刚才讲的这个任务,迎接挑战,在我们建国一百周年以前的这个时期,办好我们过去被耽误了的事情,是可以做到的。恩格斯在《反杜林论》中讲到现代无产阶级历史使命的时候,曾经有一段很好的话,恩格斯说:"人们自己的社会行动的规律,这些直到现在都如同异己的、统治着人们的自然规律一样,而与人们相对立的规律,那时就将被人们熟练地运

用起来，因而将服从他们的统治。人们自己的社会结合一直是作为自然界和历史强加于他们的东西而同他们相对的，现在则变成他们自己的自由行动了。一直统治着历史的客观的异己的力量，现在处于人们自己的控制之下了。只是从这时起，人们才完全自觉地自己创造自己的历史；只是从这时起，由人们使之起作用的社会原因才在主要的方面和日益增长的程度上达到他们所预期的结果。这是人类从必然王国进入自由王国的飞跃。”[8]我用这段话来结束我今天的讲话。我相信，我们一定会成功的。

[1] 库恩著. 科学生命的机构[M]. 李宝恒，纪树立译. 上海：上海科学技术出版社，1980 年第一版。

[2] 恩格斯. 英国工人阶级状况[M]. 马克思恩格斯全集. 第二卷. 第 269 - 587.

[3] 人民画报. 1984(2)：28.

[4] 钱宗起. 资本主义生产关系能自我扬弃吗？[J]. 红旗，1984(4)：34.

[5] 蒋学模. 怎样认识我国的社会主义全民所有制[J]. 红旗，1984(5)：25.

[6] 发展论坛. 中国科学技术情报研究所，1983. 12 月增刊，第一版；《世界经济导报》，1984 - 3 - 5，(176)：11.

[7] 列宁. 帝国主义是资本主义的最高阶段[M]. 列宁选集. 第二卷. 北京：人民出版社，1965：730 - 848.

[8] 恩格斯. 反杜林论[M]. 马克思恩格斯选集. 第三卷. 北京：人民出版社，1972：323.

1984 年 3 月 10 日，中共中央和国家机关六个部门联合举办“新技术革命知识讲座”，钱学森应邀出席了开学典礼，并以《关于新技术革命的若干基本认识问题》为题作了长篇报告。本文载于《迎接新的技术革命》，第 1 - 22 页。

附录 5

第六次产业革命和农业科学技术

钱学森

1984 年 12 月 23 日

科学革命、技术革命、社会革命、产业革命

革命是马克思主义哲学里一个非常重要的概念。革命就是事物发展过程中出现的飞跃。马克思主义哲学辩证唯物主义的观点认为，任何事物的发展总是不平稳的，有曲折的，有时候前进，有时候停滞，有时候又会出现大幅度的变革，形成飞跃，这种飞跃就是革命。

科学革命，就是人认识客观世界的飞跃；技术革命是人改造客观世界的飞跃；社会革命，则是人类社会的制度，特别是所有制方面大的变化。今天，我还要讲一讲产业革命。这几种革命，光说一个名词，恐怕还不行，还得举一些例子，以便大家可以比较形象地认识。

一、科学革命

在科学史上有些什么科学革命？有哪些是人认识客观世界的飞跃呢？这里可以举一些例子。古代人根据直观的观察，总认为太阳是围绕地球转的，形成地心说。后来在欧洲文艺复兴时期，16 世纪中叶，哥白尼发现地球绕着太阳转，推翻了地心说，建立日心说。这是人认识客观世界的一次飞跃，是一次科学革命。这样就开始了对物体的运动有进一步的研究，使得在 17 世纪下半叶，创立了牛顿力学，打破了一直从古希腊时期延续下来的关于运动的看法。从前，认为物体的运动，必须有一个力在推动，没有推动力物体就不运动了。牛顿推翻了这种看法，认为物体只有在加速时才需要力去推动，如果物体保持原来的速度，则不需要力去推动。这在对运动的认识上，推翻了过去错误的概念，建立了新的、正确的结论，也是人认识客观世界的一次飞跃。所以牛顿力学的建立，也是一次科学革命。从前西方人认为物体能燃烧是因为有“燃素”。后来，拉瓦锡证明是因为空气中有氧气，推翻了“燃素说”，建立了“氧化说”，也是一次科学革命。到了 19 世纪以后的事例就更多了。比如，恩格斯就特别指出，在 19 世纪中叶就

有三项划时代的科学发现,第一是细胞的发现,第二是能量的转化,第三是生物进化,即生物的演化。现在我们用科学革命的概念,这三大发现,都是人认识客观世界的飞跃,都是科学革命。科学是人对客观世界规律的认识,不仅是自然科学,社会科学也有科学革命。19世纪中叶,就有两次社会方面的科学革命,都是马克思创立发展的。一次是提出并建立了历史唯物主义,再一次是提出了剩余价值学说。这两次都是人认识社会的飞跃。再往后,就有电磁场的理论,把电和磁结合起来,这也是人认识客观世界的飞跃。到了20世纪初就更多了,比如巴甫洛夫的心理学,把人的心理作用和大脑的活动直接联系起来,得到了列宁的很高评价。还有像相对论、量子力学的出现,都是人类认识客观世界的飞跃。牛顿力学解释宏观的现象,量子力学的出现,增加了我们认识到宇宙的层次,使我们的工具深入到微观;相对论的出现,特别是广义相对论,为我们认识宇观世界,如大到十万光年的银河星系等大系统,提供了认识工具。所以量子力学和相对论都是人认识客观世界的飞跃。

二、技术革命

人认识客观世界是为了改造客观世界,人改造客观世界的飞跃,就是技术革命。技术革命这个词,毛泽东同志1969年曾做了一个概括。他说:小的技术改进,可以叫做技术革新;而在技术上带根本性的、有广泛影响的大的变化,叫做技术革命。他还举了三个例子。一个是蒸汽机的出现,一个是电力的出现,另一个是原子能(现在我们叫核能),都可以称为技术革命。这就把技术革命的涵义很精确地定义下来了,我认为也就是人改造客观的技术的飞跃,这种飞跃的影响不是光局限于局部的某一方面,而是对生产力的发展有普遍的推动作用。

从这个涵义考虑,还可以追溯历史上出现的其他技术革命。在远古时期,人开始学会使用石器,即石器的制造,是人改造客观世界的技术的飞跃。所以石器的制造,在历史上是一次技术革命。火的利用也是一次技术革命。后来,到了近代,蒸汽机的出现,内燃机的出现,化学用到生产上,即化学工程技术的出现,电力的出现,无线电的出现,通讯技术的出现,航空技术的出现,这些都是人改造客观世界科学技术的飞跃,都是当时的技术革命。到了20世纪中叶,技术革命就越来越频繁,可以说是成群地出现的。到了现在,大家谈得很多的新的技术革命,像电子计算机、遗传工程(或叫生物工程)、激光技术、核能、核技术、航空技术、海洋工程等等,这些都是技术革命,我们常常把它们统称为"新的技术革命",就是20世纪中叶以来的技术革命。所以我们说,新的技术革命不是单数的,而是复数的,是一个新的技术革命群。

这些新的技术革命群,还应增加一项非常重要的一个技术革命,这就是系统工程。所谓系统工程(也叫系统分析、运筹学或运用研究等等),就是现代科学技术用到事务管理方面,用一套科学方法总结经验。对于复杂的系统,一个工厂,或一项事业,大至整个国家,要组织管理复杂系统,不是靠思考、设想、估计,而是要靠定量的科学分析。这是一个了不起的变化。所以系统工程也应该作为人改造客观世界的飞跃,也是技术革命。

三、社会革命,或者简称革命

从原始公社的公有制崩溃到奴隶社会私有制的产生,这是一次社会制度的大变革,是飞跃,是一次社会革命。就是在私有制的前提下,也有社会制度的大变革,比如从奴隶社会到封

建社会，又比如从封建社会到资本主义社会。社会主义制度的建立又是一次社会革命，再一次确立了公有制。这些都是大家熟知的社会革命。事物是发展的，随着人类社会的发展出现的新的发展，都是社会革命。

四、产业革命

恩格斯在《英国工人阶级的状况》一书里，用很大篇幅描绘了18世纪末到19世纪初近60年中，由于蒸汽机、动力和大工厂的出现，英国在工业、交通运输以及农业方面翻天覆地的变化，并且把这样巨大的变化叫做产业革命。从恩格斯的书中，我们可以领会到产业革命决不是说哪一个局部的变化，不是生产技术应用到哪一个方面所引起的飞跃，而是全局性的、整个生产体系的飞跃变化，不只是工业，还有农业、交通运输以及经济关系的变化。如果下一个定义的话，产业革命就是经济的社会形态的飞跃，它是社会形态，是经济方面的社会形态的飞跃。

在人类社会历史上，出现过哪些产业革命呢？我认为第一次产业革命是农业、牧业的出现。在一万年以前的原始公社时期，人从完全依靠采集和猎取自然界的野生果实和动物产品而生活的生产体系，转入了发展农业和牧业。人开始不完全依靠自然，有了一点主动权，靠自己的劳动来控制生产，由此生产体系形成了飞跃。第二次产业革命是商品生产的出现。大约在三千年前，也就是中国的奴隶社会里，从完全为自给消费的生产，开始为交换而生产，就是商品生产，这对生产关系是一个很大的发展。第三次产业革命是大工厂的出现，发生在18世纪末的英国。是在英国的资产阶级夺取了政权以后，才出现产业革命的，是社会革命促使了产业革命的出现。第四次产业革命就是更大规模的、全国性的以至于跨国的、全世界性的生产体系的建立。这在19世纪末、20世纪初。没有这一次，不可能想象现在发达国家有这样的一个生产体系。我国建国后，工业生产有了很大的发展。但是这些工业是小而全、大而全，就是一个工厂无所不包。这种生产方式实际上是陈旧的，是第三次产业革命的方式，而不是第四次产业革命的方式。在国外，没有搞小而全的，都是社会化的协作生产。我认为现在城市改革是补第四次产业革命的课，我们落后得很厉害。第四次产业革命带来的变化也是很大的，列宁从政治的侧面总结了这个变化，就是那本名著《帝国主义是资本主义的最高阶段》。资本主义从自由资本主义发展到垄断资本主义的时候，它的生产体系、组织结构和经济结构也经历了一次飞跃，就是第四次产业革命。

“新的技术革命”，实际上是第五次产业革命的别名，其核心问题就是信息革命，也就是国外讲的信息社会。我们进入的生产体系，就要来到的这个社会里，如果没有信息，是什么事也办不成的，经商要是没有信息，就会亏损、尽办傻事。办工厂要是没有信息，生产出来的产品用户不要，就成了亏损户。信息很重要。现在我们要加速发展，要翻两番，没有信息，我看不行。所以我认为，第五次产业革命的核心就是信息问题，这里要抓的问题很多，要赶上去。所谓电子计算机以至于我呼吁的第五代智能计算机，是有智能的能力，这些都是由于信息的重要性所提出来的一系列问题，将会有一个翻天覆地的变化。尤其是对我们国家来讲，即将来临的第五次产业革命对我们的冲击是很大的。

第六次产业革命——农业型的知识密集产业

我们不但要迎接第五次产业革命，而且要为第四次产业革命补课。这里着重讲一讲第六次产业革命，因为它与农业科学技术的关系特别密切。中国农村现在有了很大的发展，发生了很大的变化，日新月异，所以我们要作这个思想准备，要预见到第六次产业革命。

第六次产业革命就是建立农业型的知识密集产业。知识密集型产业，是把所有的科学技术都用在生产上，靠高度的科学技术的生产。农业型的产业是指像传统农业一样，以太阳光为直接能源，靠地面上或海洋里的植物的光合作用为基础，来进行产品生产的生产体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年有120～200大卡的能量。也就是每亩每年接受太阳的能量相当于114～190吨标准煤。这是农业型产业得天独厚的优势。

当然，限于水和肥料的供应，限于光合作用所必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到1%，最多只有1%。那99%以上的太阳光能释放在空气里，用来升高气温，用来蒸发水汽。太阳光还能在地球上转化为风力和水力资源，农业型产业也要利用风力和水力发电用于生产。

就是变成植物产品了，光合作用生产的产品，人也不能全部直接利用。以粮食作物来说，籽实在干产品中占不到一半，其他60%是秸秆。现在农村缺燃料，往往把作物秸秆当柴烧，肥料和有机质不能还田，这是个大损失。

首先我们要考虑的是要提高农业的效益，如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，生产有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工成配合饲料，养牛、养羊、养兔、养鸡、养鸭、养鹅。不但这样，牛粪还可种蘑菇，又可以养蚯蚓。蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂。它们排出的废物还可以再利用，可以加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气体。塘泥和沼气池渣最后还可用来肥田。

一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物；另一方面又利用现代工业生产技术，把全部现代科学技术，新的技术革命的成果，全都用上。不但生产技术现代化，而且生产过程组织严密，各道工序配合紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。它是一个值得重视的方向。这样搞下去，会有飞跃的。它已经不是传统的农业，不是单个方面的生产，而是一种生产体系，一种产业。其特点就是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产。并且我们可以注意到，只有直接利用太阳光能的植物生产才占用地面，其它的生产过程，或者是利用动物的，或者是利用微生物的，或者是工业加工，这些都可以在厂房里进行。厂房可以是楼房，也可以在地下，少占地面或不占地面，这样对于我们国土面积的利用率就大大提高了。农业型的知识密集产业可分五类。

第一类农业产业，以种植粮食作物和经济作物为基础。它包括的不只是种植业的农，也有绿化的林，养畜的牧，养家禽的禽，养鱼的渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等虫业，还有菌业、微生物（沼气、单细胞蛋白）业，还有副业和工厂生产的工业，是十业并举的农业产业体系。山西大同县发展了超大型的专业户，有的一户售粮10～50万斤。1984年全县已有195个，占全县农户总数的0.5%，经营全县耕地的6.3%，平均亩产要比一般粮食生产专业户高1.2倍，共售粮2400多万吨，占全县售粮总数的30.3%，商品率高达87%，人均售粮达到9000多斤，是全县人均售粮的19.5倍。这些大户的生产效益也高于一般的种粮户，投入100元，收入平均288元。他

们用科学技术，用机械设备，已经向知识高度密集方面发展了。这个发展对我们农业科学技术的压力很大。当然，这个产业还可以发展，还有大量的工作要做，比如发展畜牧业。再进一步，还可利用微生物，发展沼气。广州市幸福乡除种植业外，还发展塘鱼、蚕桑、甘蔗、香蕉等等，搞得很好。从前，人畜粪便都是直接下鱼塘，后来把人畜粪便先放沼气池里产气，然后把沼气渣放到鱼塘里，发展很快。为了深入研究和发展这类产业体系，有必要在不同地区，根据不同自然条件设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路。

我们今天要走城市和农村同时建设，城市和集镇、工业和农业协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右，其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归。其他生产如粮食的深度加工、食品工业等中间环节，也都在集镇。集镇是生产和文化教育中心。现在农村已经开始盖楼房，还可以盖高一点，少占地面。将来甚至可以是发展到地下建筑，冬暖夏凉，节省空调，又完全不占地面，地上是园林，给人们游乐休息。从前集镇的发展有点自发，现在国家应该派专业队伍去指导，一方面可以去学习，收集群众的创造、经验，然后科学地提高，再回到群众中去；另一方面去指导，群众还没有做到的，可以教他去做。

第二类是林业产业，不光是种树，而是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林荒山，我国林业面积可达 45 亿多亩，是农田面积的两倍多。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。

生产关系和生产体制问题解决之后，就要解决林业生产的生产组织和生产技术问题。不是附带搞种植树木的林业，而是大规模地搞。要发展木本植物。食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法搞多层次的综合生产。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植业和鱼池养殖业。

作为林业产业的特点，是林木加工和森林枝叶的利用。现在把原木运出林区到城市加工的做法值得考虑。能不能把木材在林区加工到半成品、成品？能不能从林区直接运出纸张？这样加工过程中的木屑、锯末、纸浆的废液，都可以利用。再加上枝叶的利用，林业产业就可以大搞饲料，发展畜牧业。牲畜粪便又可以养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而它们大量排放的有机废液又可以用来生产沼气，作为林业产业的燃料产品。这样，林业产业不但提供食用油、工业用油、木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气。

第三类是草业产业，是草原经营的生产。内蒙古发展草原是有成绩的，从 1947 年到 1983 年这 37 年中，内蒙古自治区的 13 亿亩草原，畜牧业累计产值 100 多亿元。然而折合下来平均每亩每年产值才 2 毛钱。我国的草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有 43 亿亩，目前经营粗放，效益很低，如上所说，顶多搞点草库仑。应突破传统的放牧方式，利用科学技术把草业变成知识密集的产业。

搞好光合作用，精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。引种和培育优良草种。防止自然界的敌害，如灭鼠等。一亩草原经过科学改造，亩产干草可以比现在大大提高。

畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，都要运到加工厂进一步加工，综合利用。血粉、骨粉等要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

饲料加工的废料和饲养点的牲畜粪便可充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车，开拖拉机，发电。这种生产和定居点大约几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有 10～20 公里。既然是几百人的居民点了，就可以有小学和初级

中学。有采用沼气和用风力的上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信广播卫星可以直接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心，应该有草业的中等技术学校和师范专科学校。

创建这种知识密集的草业产业在我国43亿亩的草原上，每年可能获取几千万吨的牛、羊肉和大量的乳品，我国人民的食物构成也将改观。

第四类农业型的知识密集产业是海业产业，是利用海洋滩涂的产业。我国近海有70亿亩海洋滩涂，其中浅海滩涂为22亿亩，是一个庞大的资源。主要靠海洋中天然生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞。长期以来我们只捕捞而不养殖，就如原始社会早期畜牧业出现以前，以打猎为生。我们由此也就悟到创建知识密集型海业产业的道路，就是“转‘猎’为‘牧’”。山东省荣成县有300多公里的海岸线，50万亩浅滩，水产品占山东省1/3，要建设一批以水产品养殖和加工为主的港口小城镇。在这批城镇中有水产品加工厂、副食品厂、塑料厂、阀门厂、渔船修造厂和对虾养殖场等，已初步构成产业体系。这是认识上的一个飞跃，真正认识到近海滩涂充分利用的价值。

我国近海面积是日本的5.6倍，而1982年我国全部海洋渔业的产量才是日本近海渔业产量的46%。改变这种落后状况的一个技术措施是投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成“海洋放牧”。利用有些鱼类回游到淡水产卵孵化的习性，创造河港中鱼苗生长的条件，鱼苗长成幼鱼自己进入海洋；成鱼又会从海洋回来，正好捕获。我国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲥鱼都属此类。

海业产业的范围还要大得多，还有海带、海藻、虾、贝的养殖业。我国海水养殖业的海带、海藻、虾、贝的养殖，还是很先进的。1983年底，我国的海水养殖面积有280万亩，按照国际标准产量达226万吨，占世界海水养殖总量的45%，还可以发展。海产品多了，必须发展深度加工以充分综合利用，形成知识密集型产业。

第五类，沙业产业。我国沙漠和戈壁大约16亿亩，和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物。也有小部分干旱地沙漠化了，可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠和戈壁获取的只限于特产的药材，但也只采不种。沙漠和戈壁的潜力远远没有发挥出来。作为沙业产业，应该既采又种，提高产量。

社会主义的中国，在十一届三中全会以后，在中国共产党的领导下，我们八亿农民发明、创造了一条自己的道路。我们可以直接借鉴于外国的地方当然很多，但是不能从总体上来借鉴外国的农业发展。为此，我认为就是要创建农业型的知识密集产业，也就是知识密集型的农业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。假如我们真正走到那一步，很可能会消灭三大差别。首先，城乡差别就没有了，上面所讲的集镇、居民点，都是文化水平相当高、文化设施齐全的。第二，工农差别也要消灭，因为这些知识密集型的产业生产，其组织的严密性与大工业是一样的。这样，因为知识密集型的产业生产，城乡差别要消灭，工农差别也要消灭，自然会带来体力劳动和脑力劳动差别的消灭。

我们的对策和措施

为了实行农业型的高度知识密集型产业，必须提出大力培养农业型产业专门人才问题。现在我国农林专业在教育系统中重视得很不够，工科专业比重过大。这个比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业、生物专业、轻工与食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。在农业型的高度知识密集产业里，需要多少科技人员、多少知识分子呢？八亿人里大学生占 1/10 就得要 8000 万人，比现在所有知识分子的总和还多，并且恐怕不是现在农业大学的大学生，要比那个范围还宽。建议创建一种新型的高等院校——“理农综合性大学”，这也是改变社会观念所必需的。

科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术，如细胞工程、酶工程、遗传工程等，为农业型的产业服务，大大提高生物生产的经济效益和对生产有用的生物功能，以至创造新的生物。现在生物技术还只是开头，这方面的研究工作要加强。

属技术开发性的科研也有几个方面。比如用生物进行生产的生物工厂，我们要开发这项技术。像单细胞蛋白，作为配合饲料的添加剂，就是用有机质的废渣废液经过培养单细胞微生物，然后把菌体分离出来。这个技术要发展。上面多次提到用沼气作能源，要研究沼气的生产过程，现在沼气的工作很分散，据我所知，几乎所有省都有。要提高沼气生产效率，把目前每立方沼气池容量每天产气 0.1 立方米左右，提高到 1 立方米以上，这是完全可能的。中国科学院成都生物研究所等单位用两步发酵法是个苗头，可以达到这个指标。再就是蚯蚓的养殖也要从现在的比较原始的办法逐步发展到全自动控制的连续性生产。还有其它。这方面的技术是随着生物技术的应用迅速发展着的，我们一定要重视它。

发展性科研的一方面是生物化工，也就是用生物产品作原料，用机械和化学方法，在工厂中分离和制造新产品。这里工作加工对象是无生命的。这一类中包括各种下脚料的利用，如骨头制骨粉，骨粉提骨蛋白质等。再如树叶也可提叶蛋白。至于配合饲料这方面更是化工生产的一个大项目。再有一个方面也是发展性的研究。就是食品类的问题，因为各业综合利用都有一个食品工业的问题，我们国家也是差得很远的。因为现在各方面都对此很重视，所以这里也就不再多说了。

此外系统工程，组织管理复杂体系的技术，用到农业生产。农业系统工程用到今天的农业，虽有一定的作用，不容轻视，但因为现在的农业还没有组织得那么严密，农业系统工程还不能充分显示它的威力。一旦农业系统工程用到知识密集的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业，定会大显身手，不但体系的组织，而且在日常生产调度上，都会显示其威力。所以研究发展农业系统工程是创建农业型知识密集产业的重要内容。

农业型的知识密集产业的创建还不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、通讯情报业、教育文化事业、商品流通、城乡建设和生活服务等。所以生产关系也将有很大的调整，对生产力的组织，变动就更大了，简直是个大改组，这是生产力经济学要解决的课题。

1984 年 12 月 23 日，在中国农业科学院第二届学术委员会会议期间，国防科工委副主任、著名科学家钱学森作了题为《第六次产业革命和农业科学技术》的学术报告。

附录 6

发展地理科学的建议

钱学森
1986 年 11 月 11 日

这次讨论会是由中国地质学会、中国地震学会、中国天文学会、中国气象学会、中国空间科学学会、中国岩石矿物地球化学学会、中国古生物学会、中国地球物理学会、中国海洋学会、中国水利学会、中国地理学会，这十一个学术团体联合发起的，充分体现了现代科学技术，特别是“地理科学”综合化的趋势，这也是科学深化的趋势。刚才，程裕淇同志讲了，第一届讨论会是由六个学会发起的，这次是十一个，第三届不知还要多少。这一趋势在今年 9 月份中国科协三届全国委员会第二次常委会议上同志们就指出并强调了的。而且认为，中国科协要促进这方面的工作。因此，让我首先代表中国科协祝贺第二届全国天地生相互关系学术讨论会的召开，祝会议成功。

比起十一个学会的同志来讲，我是外行。为什么我这个外行竟然敢来讲呢？我觉得这次会议(包括第一次会议)所选择的是一个非常重要的现代科学技术研究课题。

一

我刚才用了“地理科学”这个名词，为什么呢？这是由于在今年 6 月中国科协的“三大”之后，我收到了今天在座的黄秉维同志的来信，看了他的信，我受到很大启发，觉得“地理科学”这一古老的名词，现在应该把它很好地用起来。我认为，“地理科学”就是一门综合性的科学，地理科学研究的对象就是地球表层。在这次会议的《论文摘要集》中，有两篇就是讲这个问题的。“地球表层”这一概念是借用苏联科学家的建议，指的是和人最直接有关系的那部分地球环境，具体地讲，上至同温层的底部，下到岩石圈的上部，指陆地往下 5～6 公里，海洋往下约 4 公里。地球表层对人的影响，对社会的发展都有密切的关系，地球表层往外的部分和地球表层更深的部分是地球表层的环境。这次“天地生相互关系学术讨论会”的论文摘要集中，绝大部分的文章是研究地球表层的，也有一部分是研究地球表层以外的，即地球表层的环境。这里提出的“环境”这一概念，是系统科学的一个概念。从同志们的论文中可以看出，“地球表层”是一个系

统，而且是一个非常复杂的系统，在系统科学中，称非常复杂的系统为“巨系统”，不是大系统，而是比大系统还要大。地球表层是一个巨系统，这个巨系统不是封闭的，与环境是有交换的，这是当今系统科学中的一个概念。交换的外围就是巨系统的环境。地球表层这一巨系统与环境有物质和能量的交换，这是一个开放系统，其复杂性就在于它是个开放的系统，不是封闭的系统。封闭系统比较简单，开放系统要比封闭系统复杂。所以，我们要研究的对象就是这个巨系统的本身，要研究巨系统的本身，就必须考虑巨系统的环境。我想用“地球表层学”这样一个名词来称呼这门学问；有同志说，也可以用“环境科学”来叫这门学问，我认为不妥，因为它是公认的另外一门学问，内容不是我们在这里说的，用这个词只会制造混乱。总之，今天我讲的主题就是天地生综合研究要进一步向前发展，成为现代化了的地理科学，这是一个重要的问题，它的基础理论学科就是“地球表层学”。

第一，地球表层学是“地理科学”的基础理论学科，要想继续发展，就必须要重视这门学科，只有这门科学的建立，才是真正把我们这十一个学会及其他十几个、二十几个甚至三十几个学会的研究工作结合到人们最关心的人类生活在地球环境中这一问题。现在大家可以统一成这样一个意见，就是一定要进行综合研究。单独的研究是不行的。我自己也从黄秉维同志的来信中学到了这一点：分割开来研究是不能解决问题的，只能是越搞越乱。因此，一定要进行综合研究。大家也注意到这一问题，最近有不少文章，甚至在地质哲学方面的文章，如 1986 年第 8 期《哲学研究》上，有一篇文章从地质学的角度说明要将自然科学的许多学问综合起来。我觉得，他只是讲了地质运动，从我们研究的问题来看，那仅仅是一部分。所以，我们要考虑的问题是许多学科的综合，涉及到的范围还要广泛得多。这是一个基本概念。

第二，我们提出“地理科学”这一重要的学科，其基础学科是“地球表层学”。这与我们常说的数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生物学是基础科学的意义是一样的。它是包括了许多部门的庞大的“地理学科”的基础理论，我们要把它建立起来，没有理论的指导，其他学科的研究就会遇到困难。所以，我们强调要建立“地球表层学”。这是一门带头的学科。基础理论科学的下面一个层次，就是应用理论学科，现在“地理科学”的应用理论学科已建立了很多，已建立的有生态经济学，现在要想建立的有如城市学，即研究城市体系的一门学问，这是城市规划的理论。我曾建议，为了使地理科学研究定量化，有必要建立“数量地理学”，就是用数学方法，主要是指系统工程、系统科学方法来解决“地理科学”中的问题。数量地理学、城市学、生态经济学等学科，都属于“地理科学”的应用基础学科的层次。而最直接改造客观世界的学问，在“地理科学”中也有，即地理科学的应用技术，如城市规划、环境保护、水资源等都是属于这样的问题。因此，我提出这样一种想法，不知大家是否同意，就是“地理科学”是包括内容很多的一大门科学，根据现代科学近 100 年来的发展，可将它分成三个层次：最理论性的层次，就是基础理论学科，我认为这就是“地球表层学”，尚待建立；第二个层次，就是应用理论学科，这发展得较快，有的还需建立，如数量地理学；第三层次，直接用于改造客观世界的应用技术，现在已经很多。能否这样考虑，首先要把“地理科学”建立起来，这是当今科学的一个重要组成部分，它又分为基础理论、应用理论和应用技术。

刚才黄汲清同志对我说，综合研究还具有哲学意义，确实如此。所以，前面我谈的还不全，还要对“地理科学”进行更高一个层次的概括，即地理科学的哲学概括，我现在还说不出它的名字，但要有这么一门学问。我认为黄汲清同志的意见很好，根据马克思主义哲学观点，人类的知识最后要概括到哲学，就是马克思主义的哲学，就是科学的哲学，不是臆想的哲学，不是乱编

的哲学。从实践上升到科学的理论，又从经过实践考验的科学理论再上升到、概括到哲学。这一观点，不知哲学家是否接受？最近几年我常宣传这一观点。正因为这样，我认为马克思主义哲学是有道理的，是经过实践考验的，是最科学的。马克思主义的核心就是辩证唯物主义。它联系到各门科学就产生了各种科学的哲学，这些大家已经知道。例如，自然辩证法是自然科学的哲学，历史唯物主义是社会科学的哲学，等等。它们都要有哲学的概括，最后综合起来再概括就是马克思主义哲学，这就是我常宣传的现代科学技术的体系。马克思主义哲学是现代科学的最高概括。我们研究地理科学也必须用马克思主义哲学来指导。指导并不是说马克思主义哲学就僵化了、凝固了、不动了，变成经典了，不是那个意思。一方面，它指导"地理科学"的研究，另一方面，地理科学的研究、发展又概括出地理科学的哲学，反馈到马克思主义哲学，以发展、深化马克思主义哲学。这一观点我也宣传许多次了。现在，同志们学习十二届六中全会《中共中央关于社会主义精神文明建设指导方针的决议》，我以为我刚才讲的是符合《决议》的精神的。

二

最近，我还有一个想法，今天说一下。现在很多地方讲要发展智力，发展创造能力。我想真正的创造能力来源于什么呢？现在研究这个问题的很多，有许多"窍门"，也称"窍门学"吧。天津有一本花花俏俏的很有趣的杂志，叫《智力》，是教你各种各样的窍门的。这在国外也很时兴，什么包教包会，包你三周内会说西班牙语等等，我觉得这样教，即使能讲也是结结巴巴的，也许人家能听懂，但绝对不是高级的、漂亮的西班牙语。这种事情在国外很多，他们很发达，确实有这个需要，教你一个技巧。这种教育是否需要呢？我觉得也要。但是，它不是教人们如何能够进行真正的高级的创造。中国有句古话，"大智若愚"，就是某个人确实有很高的智慧，但看上去倒像个"傻子"，因为那些小窍门的事他不想去做。在座的同志都知道，达到 20 世纪科学最高峰的著名物理学家爱因斯坦，他在小学、中学直到大学的学习并不十分突出，这就是"大智若愚"。所以，人的智慧是什么呢？我觉得，人的智慧就在于真正掌握了客观世界最基本的原理，只有这样才能站得高，看得远。今天，我们中国人很幸运，因为我们建立了马克思主义哲学是科学的最高概括这样一个观念，我们要取得最高的创造力、最高的智慧，就应该学习马克思主义哲学。

今天讲这句话，在座的不一定都同意，但是我劝同志们想一想这个问题，过去许多年，我一直讲这个问题，对中青年讲了许多次，我是碰壁的。我说大家必须学习马克思主义哲学，科学必须用马克思主义哲学来指导。我看得出，由于我的年龄大，对话的人不好意思直接反驳我，客气地点点头，其实心里没服。不服的原因我也清楚，无非是说，资本主义国家不是没有马克思主义嘛？不是也搞得不错嘛！但是，我还要说，今天我提到更高层次上说，人要有创造性，最高的创造性，要有真正的智慧，必须要有马克思主义哲学。道理很简单，因为这是人类知识最高的最正确的概括，你掌握了这个最锐利的工具，当然会站得高、看得远。

三

如何建立地球表层学这门科学？我觉得要建立地球表层学这门理论科学，我们一定要运

用系统科学的理论。系统科学也分为三个层次。系统科学也是从实践的需要发展起来的，所以它直接改造客观世界的那部分发展最快，即系统工程。系统工程的理论，即应用理论，发展也比较快，诸如运筹学、信息论、控制论、大系统理论等。在这些系统科学基础上再概括，真正建立系统科学的基础理论——系统学，现在正在努力。这次讨论会的论文摘要集有一篇西北大学地质系张金功同志的文章，涉及到用系统科学的方法来考虑地学问题，这是对的。但是，系统学作为一门学科正在形成之中。这并不是说没有材料，材料是很多的，只是还没有形成完整的学科体系而已。这些材料有以下几部分：

1. 巨系统理论。巨系统理论的一个很重要观点，就是层次观点，层次结构的观点。而且层次具有一定的功能，或系统运动的性质。这些性质或系统层次的功能是与组成该系统的子系统的功能是不一样的，这很重要。整个巨系统又是由许多层次构成的。每个层次都有其功能的特点，很重要的特点就是，这样一个系统的功能不是组成该系统的部分系统所具有的。这是否可称之为辩证法？即由量变到质变。许多系统组成在一起，它的功能就与每一个组成部分的功能不一样。

2. 巨系统结构。如何组成巨系统的层次、结构？这一结构是受环境影响的，它也不是固定不变的，外界环境发生变化，其层次结构也会发生变化。这一方面的学问就是H.哈肯教授创立的“协同学”。这对建立地球表层学具有重要的参考价值。

3. 以前，系统科学理论认为，系统内会出现有序化、有结构。有一个耗散结构理论，用熵流的概念来解释有序化。但是，近年来又出现了新问题，就是系统是可以出现有序化、形成结构，但也可以出现另一种现象，就是浑沌。浑沌看起来好像是无序的、杂乱的。这就比耗散结构理论更深刻了。对这一问题，今天在座的叶笃正教授给我们上过一次课，他讲气象就是浑沌。我们对气象是很关心的。叶笃正教授对我讲，外界对大气的输入，影响变化并不大，仅有昼夜的变化、四季的变化，但是气象却是瞬息万变的，如何解释？这种现象的解释就是浑沌。环境没怎么变化，系统内部却变化很快，似乎是一件怪事。流体力学中的湍流时刻不停地在变化，外部边界条件并未变化，而内部就自己变起来了。这种现象是非常重要的，也就是这些浑沌看起来好像是混乱的、非决定性的，但它并不是非决定性的，而是决定性的。如果你把时间分得很细，它还是决定性的。假如气象是非决定性的，那么我们的气象工作者就没法预报了。但是，气象还是可以预报的，可以预报就是决定性的。然而不能将时间放得很长，时间越长就越难预报，长到一定程度就没法预报了，这就是浑沌。用这一观点方法去观察研究地球表层的现象，浑沌现象就很多。论文摘要集中，由任振球、张国栋、徐道一和徐钦琦四位同志合写的文章“多尺度异常事件的群发现象及其宇宙环境”，我认为那里谈的就和浑沌有关系。另外，这次会议谈到很多“灾变”，也可能与浑沌有关。

所以，我提出地球表层学这门学问要用系统学的一些成果。这些问题请大家认真思考一下。最近，我国出版了两本书，我把它们推荐给大家。一本是诺贝尔奖金获得者I.普利戈津著《从存在到演化——自然科学中时间及其复杂性》（科学出版社，1985）。另一本是由普利戈津和助手尼科里斯合著的《探索复杂性》（四川教育出版社，1986）。这两本书谈到的是系统科学理论的最新成果。建议大家学习学习。同志们可以将系统科学和自己所研究的东西结合起来、系统化。我认为，这两大厚本《第二届全国天地生相互关系学术讨论会论文摘要》是“零金碎玉”，仍然是点滴的东西，还没有捏合在一起，形成强大的学问。我们如何将这些“零金碎玉”汇聚成真正的珍宝，这珍宝我认为就是“地球表层学”，我们要用刚才我所说的系统科学的方法

来建立这门基础科学。大家如果能将天地生的研究与系统学的研究两者结合起来，我觉得那将是一件了不起的事情。我们就是要建立起和人类、社会的发展有密切关系的“地理科学”的基础理论——地球表层学，这个建议是否正确，请同志们讨论。

四

对开展工作的建议。以下建议也许不合适，仅供同志们参考。

1. 两次天地生学术讨论会，确实收集了很多方面的材料，这就非常重要，这些材料在过去往往不被重视。但是，这方面的工作是否可以广阔一点。这次会议的论文摘要内好像没有涉及到“地震云”，这是否是一个重要问题？为什么我会想到地震云呢？因为我想到了天外来客——“飞碟 UFO”，材料很多，我认为“飞碟”不是天外来客，它就是地球上的东西，也是我们天地生的一种现象，也可以考虑。“飞碟”和“地震云”一样，材料很多。另外，《科学美国人》(1980 年，8 期 80 页)有一篇文章说在澳大利亚南部 6.8 亿年前的前寒武纪沉积岩中发现了类似树木年轮的纹。在有人类记载之前，人们不知道太阳黑子的活动情况，直到近 100 年来才注意到太阳黑子的活动和变化。而现在在 6.8 亿年前的沉积岩中保存了近两万条纹，其意义是重大的。这给我一点启发，就是搞天地生研究，除了古书记载外，还要到广阔的领域中去收集资料。

2. 建立地球表层学，就必须进行理论分析，我在前面讲的理论分析的观点，材料并不完善，还应该不断地吸收系统学的新成果，要进行讨论，像今天这样大规模的讨论会有好处，也有不足。不足处就是时间相隔太长，两届间隔了三年(第一届在 1983 年 11 月，第二届 1986 年 11 月)，这样太长了。此外，我们还要多举行一些小型的讨论会，最好每周一次，而且是请各家发言，集各家之精华。我觉得北京地区可以搞一个这样的组织。

3. 在中国搞纯理论研究是不行的，要想得到资助，就要解决社会主义现代化建设中的一些重大问题。现在有许多问题需要解决，如地震、气象、水资源等都是一些很重大的问题。天地生综合研究，只有解决一些具体的实际问题，才能得到国家领导人的支持，事情才好办。

最后，我认为我们做的工作是重要的。如果我们真正能把刚才讲的做起来，那么，对科学的发展又是一个极大的推动。因为，它要解决的正是人类社会所面临的重要问题，因此，它的影响是深远的，对社会主义现代化建设有着重要的作用。

1986 年 11 月 11 日至 16 日，在中国科协的倡导和支持下，中国地质学会等 11 个学会共同发起召开了第二届全国天地生相互关系学术讨论会。钱学森出席了会议，并在大会开幕式上做了重要讲话，特别强调了地理科学这门综合性学科在科学综合化时代的突出地位。原载《大自然探索》1987 年第 6 卷第 19 期。

附录 7

我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义

钱学森

1991 年 11 月 5 日

各位领导、同志们：

这次系列讲座，原来分配给我的题目是：关于科技是第一生产力的理论问题。“科学技术是第一生产力”这一马克思主义的论断是邓小平同志提出来的。江泽民同志在今年 5 月中国科学技术协会第 4 次全国代表大会的讲话和在庆祝中国共产党成立 70 周年大会上的讲话都对这一论断作了充分论述。这是我们党对马克思列宁主义、毛泽东思想的重大发展。我们一定要加深理解并在工作中贯彻执行。

因此，在最近一个时期，报刊上讨论科学技术是第一生产力的文章很多，也有一些同志提出了问题，看来是属于对有关科学技术与生产力的认识上有差异。所以，我想在以下报告中讲讲有关的背景材料，供大家探讨 20 世纪 90 年代科技发展与中国现代化时考虑。这些话实际是我今年 10 月 16 日在人民大会堂仪式上发言最后一段话的扩展。

一　关于科学革命、技术革命与产业革命

我最近看到国家科委办的《中国科技论坛》1991 年第 5 期刊登了上海市副市长刘振元同志的一篇文章，其中讲到研究科技史的同志，对科学革命、技术革命和产业革命的关系认识并不一致，国外也有各式各样的说法。比如，前几年，苏联只提“科学技术革命”，不提产业革命；在美国，又有人高唱什么“第三次浪潮”。我认为，我们要按照历史唯物主义的观点来分析这个问题，统一我们的认识。

刘振元同志在文章中讲了产业革命，那么，我们也就从产业革命讲起吧。什么叫产业革命？这是必须首先明确的，因为有人不用产业革命，而用“工业革命”这个词。我认为正确的提法是产业革命，而不是工业革命。从恩格斯的《英国工人阶级的状况》一书中，我们可以搞清“产业”一词的含义。在这本书中，恩格斯分析了 18 世纪末到 19 世纪上半叶英国由于蒸汽机的出现而引起整个社会的变化，包括工业、农业等的变化。所以“产业”一词不是指某一个方面

的事业，如工业、农业，而是指整个物质生产的事业，其影响涉及全社会。在上古时代，当人们还是靠采集和狩猎为生时，是谈不上物质资料生产的，因而也就不存在什么产业。从这个意义上说，第一次产业革命大约发生在一万年前的新石器时代，即出现了农牧业。第二次产业革命，是开始出现商品经济，即人们不再单纯为个人的生存、个人享用而生产，开始为交换而生产。这在中国，出现于奴隶社会后期，即公元前约一千年。第三次产业革命是蒸汽机出现，这是大家熟悉的。第四次产业革命出现在 19 世纪末，即生产不再是以一个个工厂为单位，而是出现了跨行业的垄断公司，也就是列宁在《帝国主义是资本主义的最高阶段》一书中讲的情况。第五次产业革命即目前正在发生的，国外有人叫信息革命，全世界将构成一个整体组织生产。

以上我所讲的第三次、第四次和第五次产业革命，就是刘振元同志讲的第一次、第二次和第三次产业革命。我之所以提出五次产业革命，是根据马克思、恩格斯的历史唯物主义来分析的，即物质资料生产方式的变革影响到整个社会发生飞跃。我认为这样分析是符合马克思列宁主义、毛泽东思想的。

产业革命是怎么引起的呢？推动产业革命的当然是生产力的大发展，但又是什么推动生产力的大发展呢？当然是生产技术的大大提高。这就是技术革命。“技术革命”的概念是毛主席 1969 年首先提出的，并指出蒸汽机、电力和核能核技术的出现是技术革命。我理解毛主席的意思，即人类在改造客观世界的斗争中，技术上的飞跃叫技术革命。按这样的理解，应该说，在古代火的利用，即人类掌握发火、引火、用火的技术，就是一次技术革命。造纸技术也是一项技术革命。在现代，半导体的发现和利用，电子计算机的出现等，都是技术革命。如果拿这个观点来衡量，预防医学的出现也是很了不起的，属技术革命。系统工程在管理技术和方法上的革命作用，也属技术革命。

这样看来，可以说每次产业革命都是由一项或众多的技术革命引起的。那么又是什么引出技术革命的呢？我们认识到技术革命是人改造客观世界的技术飞跃，但人要改造客观世界必须先认识客观世界。在古代，人对客观世界的认识只表达为由总结实践经验所得的感性知识，知其然，不知其所以然。这时现代意义的科学还未出现，所以在古代是实践经验引发技术革命。

在西方世界，16 世纪的“文艺复兴”运动引出了现代意义的科学，即人对客观世界的理性认识。科学发展到一定阶段，出现飞跃，即科学革命。按照这样的认识，应该说“日心说”的提出是一次科学革命。后来牛顿力学的创立，氧的发现和燃烧理论的提出等都是科学革命。在本世纪，爱因斯坦提出相对论，同时还有量子力学的创立也是科学革命。应该指出的是，人认识客观世界的飞跃，不限于自然科学，在社会科学中同样有这样的飞跃，也应该是科学革命。按这样的理解，马克思提出剩余价值理论和历史唯物主义也属科学革命。目前正在孕育着的科学革命有物理学上的超弦论，超弦的尺度比基本粒子还小 10 的 19 次方，而且所用的时空是 10 维的。这个理论一旦建立，将把目前发现的一百多种基本粒子统一起来，把强相互作用、弱相互作用、电磁力、引力这四种力统一起来。

综上所说，科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界技术的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起全社会整个物质资料生产体系的变革，即产业革命。在今天，科学革命在先，然后导致技术革命，最后出现产业革命。这也就说明基础科学研究的重要性，有了科学发现才有跟上来的社会发展。

二　社会形态与社会形态的飞跃

关于产业革命,马克思曾用过一个词,叫社会形态。马克思用德文表达的“社会形态”这个词,其含义是十分清楚的。经济问题是社会形态的一个侧面,马克思说,经济的社会形态的飞跃是产业革命。我国老的《资本论》版本是从德文翻译过来的,译作“经济社会形态”是比较准确的。后来的版本是从俄文翻译过来的,从德文到俄文,变成了“社会经济形态”,于是我们也翻成“社会经济形态”这种译法不很确切。我建议还是回到马克思原来的表达方法,即“经济社会形态”。这样的用词,说明经济是社会形态的一个侧面。社会形态的另一个侧面是社会中人们的意识,按我的认识,可以叫做“意识的社会形态”,而不用“社会意识形态”。意识的社会形态的飞跃可以叫“文化革命”,毛主席早在 1940 年就用过这个词。16 世纪在西欧的“文艺复兴”是一次文化革命。社会形态的政治侧面可以叫政治的社会形态,政治的社会形态的飞跃是政治革命。人类社会发展中,从原始社会到奴隶社会,从奴隶社会到封建社会,从封建社会到资本主义社会,从资本主义社会到共产主义社会(其初期阶段是社会主义社会),都是政治革命。我们目前进行的政治改革,是社会主义制度的不断自我完善,这不是政治改革。归结起来说,社会形态有三个侧面,分别叫做经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。三个侧面都会不断发生变化,飞跃式的变化即革命,分别是产业革命、文化革命和政治革命。

我们的社会主义现代化建设,有物质文明建设,这属经济的社会形态侧面;精神文明建设属意识的社会形态侧面;关于民主与法制的建设属政治的社会形态侧面,可以叫政治文明建设。按照这样的归类,我们的社会主义建设,分属社会形态的三个侧面,可以叫社会主义的物质文明建设、社会主义的精神文明建设和社会主义的政治文明建设。

社会主义存在的客观环境是地理环境。社会的发展变化首先是受地理环境的影响。比如,据历史考证,西藏在一万年前就有人类的活动,这与中原地区差不多,但为什么后来发展那么慢?艰苦的地理环境恐怕是一个重要原因。另一方面,人对环境也会有影响,人可能破坏环境,也可能建设环境,建设得更适合人类生存,这就是社会主义的地理建设(现在我们的文件中称基础设施),如交通、铁路、水利、通信设施等。据此,我提出我国社会主义的地理建设问题。那就是说,除了社会主义的物质文明、精神文明和政治文明建设以外,还要加上个国家环境的社会主义的地理建设。

三　人认识与改造客观世界的知识,即科学技术体系

过去人们对科学技术体系的认识,发展到今天,20 世纪末期是否还适用?比如,在马克思以前,社会科学不成其为科学,到马克思时代,才把社会科学建立在科学的基础之上。我们国家目前对科学技术体系的认识是分自然科学和社会科学,所以分设中国科学院和中国社会科学院;文化部还有一个艺术研究院。近几年出现了所谓软科学,国家科委有软科学研究指导委员会。什么叫软科学?因为国家科委在国务院各部委职责分工上不能管社会科学,但工作中又遇到一些社会科学问题,怎么办?于是提出个软科学的概念。这都是人为分块建制造成的。

在国外,这种混乱情况更为严重。搞什么政治的、经济的,想怎么说就怎么说,派别很多,一点也不科学。不久前我在中国社会科学院哲学研究所办的《哲学研究》上看到美国的一位大

专家叫 George J. Klir 写的一篇文章，叫“二维科学系统”。他说的第一维是自然科学的研究方法，即理论、推导、实验等结合起来的方法；第二维是信息，即社会上有各种各样的说法，这些说法无法统一，只好作为社会信息输入进来，从事他的系统理论研究。我看这位 Klir 教授是在没有办法的情况下乱出点子。

我们怎么办？我们应该用马克思主义哲学的观点来看待这个问题。毛主席就曾说过，我们要更多地懂得马克思列宁主义，更多地懂得自然科学，也就是更多地懂得客观世界的规律，才能搞好革命工作和建设工作。列宁在《共青团的任务》中讲得更多，他说：“如果你们要问，为什么马克思的学说能够掌握最革命阶级的千百万人的心灵，那你们只能得到一个回答：这就是因为马克思依靠了人类在资本主义制度下所获得的全部知识的坚固基础。马克思研究了人类社会发展的规律，认识到资本主义的发展必然导致共产主义，而主要是他完全依据对资本主义社会所作的最确切、最缜密和最深刻的研究，借助充分掌握以往的科学提供的全部知识而证实了这个结论。凡是人类社会所创造的一切，他都有批判地重新加以探讨，任何一点也没有忽略过去；凡是人类思想所建树的一切，他都放在工人运动中检验过，重新加以探讨，加以批判，从而得出了那些被资产阶级狭隘性所限制或被阶级偏见束缚住的人所不能得出的结论。”由此我们应该站得高一些，总揽全局，认识到马克思主义哲学是人类认识世界的最高概括，是人类智慧的最高结晶。在马克思主义哲学指导下，研究各种不同对象，有不同的科学部门。而且我们要认真地思考时代的特征。今天离马克思时代又有一百多年了，世界发展了，科学技术大大发展了。我们还要展望即将来临的 21 世纪。

这样，我们的科学技术体系就不能像老一套那样，只是自然科学和社会科学，而是一个大体系：第一个部门是自然科学、工程技术；第二个部门是社会科学；第三个部门是数学科学，因为不管是研究自然科学还是社会科学，都要运用数学手段，因此，数学不能只属于自然科学，应该成为一个独立的部门；第四个部门是系统科学；第五个是文艺理论；第六是思维科学；第七是军事科学；第八是行为科学；第九是人体科学；第十是地理科学。这十个部门构成一个体系。每一个部门都有一个联系马克思主义哲学的桥梁，即从这个部门的科学研究成果中提炼出来的思想，它要能丰富和发展马克思主义哲学，而马克思主义哲学又是通过这一桥梁来指导这个部门的科学研究。自然科学的桥梁是自然辩证法；社会科学的桥梁是历史唯物主义；数学科学的桥梁是数学哲学；系统科学的哲学概括是系统论；思维科学的哲学概括是认识论；文艺理论的哲学概括是美学；军事科学的哲学概括是军事哲学；行为科学的哲学概括可以叫社会论；地理科学的哲学概括是地理哲学；人体科学的哲学概括叫人天观，即人体与自然环境、社会环境的关系。

每一个科学部门又分三个层次：自然科学技术部门最高的层次是基础科学（如物理、化学等）；实际应用的是工程技术；在基础科学与工程技术之间的，是技术科学，如应用力学、电子学等都属这个层次。这三个层次，是自然科学经过一百多年发展形成的。我认为这十个大部门都应该有三个层次。比如，社会科学的三个层次怎么分？目前中国社会科学院的研究所都是理论性的，这恐怕不行。社会科学也要形成三个层次的概念，其他几个部门也一样。惟一例外的是文艺，文艺恐怕只有理论的层次，到文艺创作就不是一个科学的问题，而是艺术。

最后要指出的是，我构筑的这个现代科学技术体系，是在马克思主义哲学指导下的系统，凡是不符合马克思主义哲学的，或者还不成其为科学，而只是一些经验性的论述性的东西，都无法纳入这个系统，只能放在这个系统的周围。对于这个系统周围的东西，我们并不排斥它，

凡是发现有用的，都应吸收进来。所以这个科学技术体系是个开放的系统，不断演化的，随着社会的进步，内容会发展变化，会有新的大部门出现。所以构筑科学技术体系是长期任务。

四　用科学技术建设社会主义

这里说的“科学技术”就不只是自然科学技术，而是我以上所说的科学技术体系，包括十个大部门，每个部门有三个层次，一座桥梁，通往最高概括的马克思主义哲学。我认为，我这么理解是符合中央精神的。例如，今年 2 月江泽民、李鹏等中央领导同志就曾指出，中国社会科学院要为实现我国第二步战略目标提供理论成果。这就是说，社会科学也要为建设社会主义服务。江泽民同志在纪念中国共产党成立 70 周年的讲话中说：“我们的改革，是一项复杂的、巨大的系统工程，包括经济、政治、教育、科技、文化体制等方面的改革，需要相互协调，配套进行。”由此可见，我们要建设社会主义，所需的科学技术绝非只是自然科学技术。

最近我学习了《陈云文集》，也读了马寅初先生的论文集，才知道马老原来并不是学经济的，而是学矿冶工程的，属自然科学工程技术，后来才转到经济学的，所以他一直是联系实际的。他的博士论文不是讲一般的经济理论，而是讲纽约市的经济情况。解放后，他搞经济研究，一直用理论联系实际的方法。比如他谈人口问题，就是到浙江调查了许多农村后写出的，是从实际中来的，所以是比较客观的、正确的。陈云同志也是一直坚持联系实际，作调查研究，提出“不唯上，不唯书，要唯实”和在调查中要“全面、比较、反复”。陈云同志讲的、马寅初同志讲的都很好。但是我感到，由于历史条件的限制，他们都没有可能用现代科学技术的方法，即用系统科学、系统工程的方法，当然也没电子计算机这个极为有效的工具。如果我们用我上面所说的，由十大部门组成的，在马克思主义哲学指导下的科学技术体系来建设社会主义的话，那么我们就要用这种现代科学技术的方法。在过去差不多 10 年时间内，航空航天工业部的 710 所在宋平同志的支持下，用这种现代新方法，也就是把实际调查的材料和系统科学、系统工程方法结合起来，并用电子计算机计算达到定量判断。他们用这样的方法研究国民经济中的问题，所得的结果，经过实践考验总是比其他方法更为准确。因为国民经济中的问题都是比较复杂的，因此一定要用系统工程的方法，要用电子计算机。所涉及的参数不是几个、几十个，而是一百、二百个，计算量相当大，光靠人脑是不行的。所用电子计算机，前几年是每秒一百、二百万次的，这还不够，今后要更高运算能力的机器。现在我们国家有每秒几亿次的计算机，国外近期可以做出每秒万亿次的计算机。用系统工程的方法加上这样的所谓巨型计算机，国民经济中的复杂问题是可以解决的。所以我们今天可以大胆地说，用现代科学技术方法，可以研究分析社会主义建设中的问题，向中央提出科学决策的主案。

根据这样的想法，前几年我曾建议成立我国社会主义建设的总体设计部。这是中央作决策的参谋班子，用上述科学方法开展研究工作，向中央提出咨询建议。我们这里讲的社会主义建设总体设计部是以马克思列宁主义、毛泽东思想为指导的，对党和国家负责的，决不是资本主义国家所谓的思想库，那是为垄断资本家服务的，“他们将永远死死拽住政治家的衣袖，焦虑地徘徊在政府与大学之间”。

五　关于科学技术业

150 多年前，一些生产发达的国家实现工业化的道路是先从轻纺工业开始的。42 年前，新中国刚刚成立的时候，我们没有走资本主义国家的老路，而是审时度势，看到进人 20 世纪以后，由于主要的资本主义国家已经实现了工业化，世界已经形成了发达的工业国和落后的发展中国家的明显分界，第二次世界大战以后，这种格局更加鲜明和突出。在这样的形势下，作为一个新生的发展中国家，中华人民共和国要想尽快摆脱落后状态，显然不能重复别人走过的老路。在工业现代化方面，首先要大力发展重工业。事实证明，这一战略决策是明智的。

42 年以后的今天，世界有了很大的发展，面向 21 世纪的挑战，我们的战略决策是什么？今天科学技术的发展大大推动了社会进步，科学技术是第一生产力。国际间的争夺，主要依靠的也是科学技术。基于这样一种形势，我们必须把科学技术工作摆到一个非常重要的位置上。而我国的科学技术力量并不弱，而且中国人聪明，为了充分发挥科学技术力量在社会主义建设中的作用，我建议建立我国的一种第四产业——科学技术业，作为今天的一项重大的战略决策。因为总结过去，中国在那么困难的条件下搞成了“两弹”，其中一条重要的经验是组织得好。现代的重大科学技术都不是一两个人能够干成的，甚至不是一两个单位能干成的，要靠组织，所以组织工作是一个相当重要的问题。美国人现在就自感组织工作不如日本。我们目前也存在一个有效组织问题，科技界单项成果不错，但集体力量的发挥就不够。为了解决科学技术工作分散的问题，迎接 21 世纪的挑战，我建议请中央考虑建立科学技术业。科学技术业并不是要取代现有的机构，如中国科学院、中国社会科学院、高等院校的科研机构等，而是要把他们的成果组织起来，而且用组织起来的手段协调全国的科学技术工作。这个手段就是组建科技业的公司，它在一个方面或一个领域负责全国的科技发展工作，是垄断性质的公司。比如，在半导体和大规模集成电路领域，建立一个总公司，这个总公司通过合同手段协调全国半导体和大规模集成电路的发展。而合同的招标、签订，按竞争的原则办。科技公司的成果是出新技术、技术专利。这些公司属国家所有，享受国家大、中型企业的政策待遇，其成果不仅面向国内，而且面向国际。去年，我国科技成果出口创汇大约 10 亿美元，还不到世界科技成果出口的 1%，所以这项事业是大有可为的。

要使科学技术成为生产力，使科研成果在生产中得到应用仅有各个领域的科技公司还不够，因为每一个单项技术要应用到生产中去，还需要有一个中间环节，它根据工厂的需要，吸取可用的成果，将一项项单个成果综合设计成生产体系，并负责培训工厂的技术人员和工人。前几年我曾就此事向航空航天工业部提出建议，最近他们设立了一个航空航天系统工程中心，就是做这种转化工作的。

归结起来讲，今天当我们面向 21 世纪，面对国际间的激烈竞争，为了建设中国的社会主义事业，必须把科学技术作为第一生产力。具体的办法就是建立科学技术业。科学技术业包括：(一)我国现有的科技力量，包括各种科研院、研究所等；(二)为了进一步将这些科技力量组织起来，建立各种科技专业公司，组织开发各种新技术，出技术成果，出专利；(三)为了将这些新技术成果尽快在生产中得到应用，要建立各种综合系统设计中心，或者由各部门现有的设计单位承担这一任务。这是我关于建立科学技术业的具体建议，请中央考虑，下决心把这一事业建立起来。

六　关于人才培养问题

中央领导同志曾多次讲到学习的重要性。江泽民总书记在建党 70 周年的讲话和中央工作会议上的讲话都强调了提高干部水平的重要性。对此，我完全拥护。关于科技人才的培养问题，据我所知，西方发达国家是到上个世纪的下半叶才开始有培训工程技术人才的学校。美国有名的麻省理工学院是上个世纪 70 年代建立的。它实行四年制，培养工程师。前两年学科学的基础理论，包括物理、化学等；后两年学专业技术，毕业时作毕业设计。经过这四年的学习，培养出一个能到工厂去负责技术工作的工程师。这样的工程师与瓦特那样的工匠不同，他具有基础理论知识，能适应新的发展并能创造性工作。这套教育体制后来流行于全世界。我过去上的大学——交通大学就是实行的麻省理工学院这套教育制度。后来我到麻省理工学院留学，使我大吃一惊的是，在交大作的实验都与麻省理工学院一样。

到 20 世纪 30 年代，这套教育体制的缺陷就逐渐显示出来。当时科学技术发展迅速，用麻省理工学院方式培养出来的人，很难适应这种新的形势。而从本世纪初，德国的哥廷根大学开创了所谓应用力学专业，将基础理论与工程应用联系起来，加强基础理论的学习。后来美国的加州理工学院发展完善了这套教育体制。具体做法是适当减少了一点工程课程，加强基础理论的教育，而且将学制延长到 7 年。这样培养出来的学生，科学知识的基础要坚实得多，各种新的发展都能跟上。第二次世界大战以后，这一教育思想已被普遍接受。

经过五六十年的发展，到今天，世界形势又发生了很大变化，而且我们要面向 21 世纪，加州理工学院这一套教育制度还能适应今天的形势吗？我曾经向中央领导建议要培养科技帅才，那套老的教育体制能培养出帅才吗？我认为是不行的。所谓科技帅才，就不只是一个方面的专家，他要全面指挥，就必须有广博的知识，而且要能敏锐地看到未来的发展。怎样培养帅才？我提出五点建议：

（一）要学习马克思列宁主义、毛泽东思想。因为马克思主义哲学是人类智慧的结晶，所以，帅才要在学习马克思列宁主义、毛泽东思想上真正下点功夫。

（二）要了解整个科学技术，即我前面所讲的十个部门组成的科学技术体系的发展情况，即要掌握世界科学技术发展的新动态。杨振宁教授最近提出到图书馆去翻翻，我看这很重要。多到图书馆去看看，从中发现新动向，然后组织人去研究，帅才必须具备这样的素质。怎样才能做到这一点？那就是要了解科学技术整体发展情况。

（三）要学习世界的知识，如海湾战争、南斯拉夫内战等，要了解它的起因、历史，等等，这样才能迎接世界的挑战。

（四）当今是一个激烈竞争的时代，竞争实际上就是打仗，所以要学习军事科学知识，也包括组织管理方面的知识和才能。

（五）学点文学艺术，它可以培养一个人从另一角度看问题，避免“死心眼”和机械唯物论。老一代革命家文艺修养都比较高，是我们的榜样。当然，帅才还要身体健康。

以上五点，或者说六点，我在中央党校讲过多次，因为中央党校就是培养领导干部，培养帅才的。今天我再次提出来，请中央考虑。

最后我要说的是，建设有中国特色的社会主义是史无前例的艰巨事业。但我们有中国共产党的领导，只要我们用马克思列宁主义、毛泽东思想来总结自己的经验，总结世界的经验教

训，我们一定能找到一种科学的方法，用现代科学技术来建设有中国特色的社会主义。这一切应当在90年代有个良好的开端。

我的讲话完了，谢谢大家！

1991年11月5日，中央组织部、中央宣传部、中国科协、中直机关工委、国家机关工委联合举办的《90年代科技发展与中国现代化》系列讲座在中南海开幕，钱学森应邀以《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》为题，为中央国家机关司局长以上干部讲了第一课。原载《中外产业科技》1994年第3期，第4－7页。

附录 8

系统思想和系统工程

今天是中央电视台系统工程讲座的第一讲，题目叫《系统思想和系统工程》，是个开场白，稿子是王寿云同志和我写的，由我来讲。

(一)

系统作为一个概念既不是人类生来就有，也不是像有些外国人讲的那样，是 20 世纪 40 年代突然出现的东西。系统概念来源于古代人类的社会实践经验，所以一点也不神秘。人类自有生产活动以来，无不在同自然系统打交道。《管子》《地员》篇、《诗经》农事诗《七月》、秦汉氾(音 fán)胜之著《氾胜之书》等古籍，对农作与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候诸因素的关系，都有辩证的叙述。齐国名医扁鹊主张按病人气色、声音、形貌综合辨症，用砭(音 biān)法、针灸、汤液、按摩、熨帖多种疗法治病；周秦至西汉初年古代医学总集的《黄帝内经》，强调人体各器官的有机联系、生理现象和心理现象的联、身体健康与自然环境的联系。战国时期秦国李冰设计修造了伟大的都江堰，包括"鱼咀"岷江分水工程、"飞沙堰"分洪排沙工程、"宝瓶口"引水工程三大主体工程和 120 个附属渠堰工程，工程之间的联系关系处理得恰到好处，形成一个协调运转的工程总体。我国古天文学很早就揭示了天体运行与季节变化的联系，编制出历法和指导农事活动的廿四节气。所有这些古代农事、工程、医药、天文知识和成就，都在不同程度上反映了朴素的系统概念的自发应用。人类在知道系统思想、系统工程之前，就已在进行辩证地系统思维了，这正如恩格斯所说："人们远在知道什么是辩证法以前，就已经辩证地思考了。"

朴素的系统概念，不仅表现在古代人类的实践中，而且在古中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。古中国和古希腊唯物主义思想家都从承认统一的物质本原出发，把自然界当作一个统一体。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特(约公元前 460—370)，在《论自然界》一书中说过："世界是包括一切的整体。"古希腊唯物主义者德谟克利特(约公元前 540—480)的一本没有留传下来的著作名为《宇宙大系统》。公元前 6 世纪至 5 世纪之间，我国春秋末期思想家老子强调自然界的统一性；南宋陈亮(公元 1143—1194)的理一分殊思想，称理一为天地万物的理的整体，分殊是这个整体中每一事物的功能，试图从整体角度说明部分与整体的关系。

用自发的系统概念考察自然现象，这是古代中国和希腊唯物主义哲学思想的一个特征。古代辩证唯物的哲学思想包含了系统思想的萌芽。

古代朴素唯物主义哲学思想虽然强调对自然界整体性、统一性的认识，却缺乏对这一整体各个细节的认识能力，因而对整体性和统一性的认识也是不完全的。恩格斯在《自然辩证法》中指出："在希腊人那里——正因为他们还没有进步到对自然界的解剖、分析——自然界还被当作一个整体而从总的方面来观察。自然现象的总联系还没有在细节方面得到证明，这种联系对希腊人来说是直接的直观的结果。这里就存在着希腊哲学的缺陷，由于这些缺陷，它在以后就必须屈服于另一种观点。"对自然界这个统一体各个细节的认识，这是近代自然科学的任务。

15 世纪下半叶，近代科学开始兴起，力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目逐渐从混为一体的哲学中分离出来，获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界的独特的分析方法，包括实验、解剖和观察，把自然界的细节从总的自然联系中抽出来，分门别类地加以研究。这种考察自然界的方法移植到哲学中，就成为形而上学的思维。形而上学的出现是有历史根据的，是时代的需要，因为在深入的、细节的考察方面它比古代哲学是一个进步。但是，形而上学撇开总体的联系来考察事物和过程，因而它就"以这些障碍堵塞了自己从了解部分到了解整体、到洞察普遍联系的道路"。

19 世纪上半期，自然科学已取得了伟大的成就。特别是能量转化、细胞和进化论的发现，使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大提高。恩格斯说："由于这三大发现和自然科学的其他巨大进步，我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系，而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了，这样，我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。描绘这样一幅总的图画，在以前是所谓自然哲学的任务。而自然哲学只能这样来描绘：用理想的、幻想的联系来代替尚未知道的现实的联系，用臆想来补充缺少的事实，用纯粹的想象来填补现实的空白。它在这样做的时候提出了一些天才的思想，预测到一些后来的发现，但是也说出了十分荒唐的见解，这在当时是不可能不这样的。今天，当人们对自然研究的结果只是辩证地即从它们自身的联系进行考察，就可以制成一个在我们这个时代是令人满意的'自然体系'的时候，当这种联系的辩证性质，甚至迫使自然哲学家的受过形而上学训练的头脑违背他们的意志而不得不接受的时候，自然哲学最终被清除了。"19 世纪的自然科学"本质上是整理材料的科学，关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学"，这样的自然科学，为唯物主义自然观建立了更加坚实的基础，为马思主义哲学提供了丰富的材料。马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想，也就是系统思想。系统思想是辩证唯物主义的内容，绝不是国外一些人所说的那样是 20 世纪中叶的新发现和现代科学技术独有的创造。

当然，现代科学技术对于系统思想方法是有重大贡献的。第一个贡献在于使系统思想方法定量化，成为一套具有数学理论、能够定量处理系统各组成部分联系关系的科学方法；第二个贡献在于为定量化系统思想方法的实际应用提供了强有力的计算工具——电子算机。这两大贡献都是在 20 世纪中期实现的。

社会实践活动的大型化和复杂化，要求系统思想方法不仅能定性，而且能定量。解决现代

社会种种复杂的系统问题，对材料的定量要求越来越强烈，这尤其表现在军事活动中，因为战争中决策的成败关系到国家民族的生死存亡。第二次世界大战是定量化系统方法发展的里程碑。这次战争在方法和手段上的复杂程度较以往的战争有很大增长，交战双方都需要在强调全局观念、从全局出发合理使用局部、最终求得全局效果最佳的目标下，对所拟采取的措施和反措施进行精确的定量分析，才有希望在对策中取胜。这样一种强烈的需要，以极大的力量把一大批有才干的科学工作者吸引到拟订与评价战争计划、改进作战技术与军事装备使用方法的研究工作中，其结果就是定量化系统方法及强有力的计算工具电子计算机的出现，并成功地应用于作战分析。战后，定量化系统方法开始广泛地用来分析工程、经济、政治领域的大型复杂的系统问题。一旦取得了数学表达形式和计算工具，系统思想方法从一种哲学思维发展成为专门的科学。

现在我们把以上所说的再小结一下。恩格斯说："思维既把相互联系的要素联合为一个统一体，同样也把意识的对象分解为它们的要素。没有分析就没有综合。"系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具，它在辩证唯物主义那里取得了哲学的表达形式，在运筹学和其他系统科学那里取得了定量的表述形式，在系统工程那里获得了丰富的实践内容。古代农事、工程、医药、天文方面的实践成就，建立在这些成就之上的古代中国和希腊朴素的唯物主义自然观（以抽象的思辨原则来代替自然现象的客观联系）；近代自然科学的兴起，由此产生的形而上学自然观（把自然界看作彼此隔离、彼此孤立、彼此不相依赖的各个事物或各个现象的偶然堆积）；19 世纪自然科学的伟大成就，以及建立在这一成就基础之上的辩证唯物主义自然观（以实验材料来说明自然界是有内部联系的统一整体，其中各个事物、现象是有机地相互联系、相互依赖、相互制约着的）；20 世纪中期现代科学技术的成就，为系统思维提供的定量方法和计算工具。这就是系统思想如何从经验到哲学到科学、从思辨到定性到定量的大致发展情况。

（二）

下面我们来讲讲系统工程，也就是处理系统的工程技术。

从 20 世纪 40 年代以来，国外对定量化系统思想方法的实际应用相继取了许多个不同的名称：运筹学（operations research），管理科学（management science）、系统工程（systems engineering）、系统分析（systems analysis）、系统研究（systems research），还有费用效果分析（cost effectiveness analysis）等等。他们所谓运筹学，指目的在于增加现有系统效率的分析工作；所谓管理科学，指大企业的经营管理技术；所谓系统工程，指设计新系统的科学方法；所谓系统分析，指对若干可供选择的执行特定任务的系统方案进行选择比较；如果上述选择比较着重在成本费用方面，即所谓费用效果分析；所谓系统研究，指拟制新系统的实现程序。现在看来，由于历史原因形成的这些不同名称，混淆了工程技术与其理论基础即技术科学的区别，用词不够妥当，认识也不够深刻。国外曾经有人试图给这些名词的涵义以精确区分，但未见取得成功。

用定量化的系统方法处理大型复杂系统的问题，无论是系统的组织建立，还是系统的经营管理，都可以统一地看成是工程实践。工程这个词 18 世纪在欧洲出现的时候，本来专指作战兵器的制造和执行服务于军事目的的工作。从后一涵义引申出一种更普遍的看法：把服务于特定目的的各项工作的总体称为工程，如水力工程、机械工程、土木工程、电力工程、电子工程、冶金工程、化学工程，等等。如果这个特定的目的是系统的组织建立或者是系统的经营管理，

就可以统统看成是系统工程。国外称运筹学、管理科学、系统分析、系统研究以及费用效果分析的工程实践内容，均可以用系统的概念统一归入系统工程；国外所称运筹学、管理科学、系统分析、系统研究以及费用效果分析的数学理论和算法，可以统一地看成是运筹学。在科学技术的体系结构中，系统工程属于工程技术。正如工程技术各有专门一样，系统工程也还是一个总类名称。因体系性质不同，还可以再分为门类，如工程体系的系统工程叫工程系统工程，生产企业或企业体系的系统工程叫经济系统工程，国家行政机关体系的运转叫行政系统工程，科学技术研究工作的组织管理叫科研系统工程，打仗的组织指挥叫军事系统工程，后勤工作的组织管理叫后勤系统工程，计量体系的组织叫计量系统工程，质量保障体系的组织建立与管理叫质量保障系统工程，信息编码、传输、存贮、检索、读出显示系统的组织管理叫信息系统工程。系统工程不是一类系统的组织管理技术而是各类系统组织管理技术的总称。各类系统工程，作为工程技术的共同特点在于它们的实践性，即要强调对各类系统问题的应用，强调改造自然系统、创造社会生活各方面人所要的系统，强调实践效果。

在科学技术的体系结构中，工程技术的理论基础是技术科学。

例如，水力工程的理论基础是水力学、水动力学、结构力学、材料力学、电工学等。什么技术科学是系统工程的共同理论基础呢？是运筹学。我们所说的运筹学，沿用的是第二次世界大战出现的名词运筹学，但在内容和范围上又有所区别。第二次世界大战时的运筹学，包含了一些我们今天所说的军事系统工程的内容，当时叫军事运筹学(military operations research)。我们今天所说的运筹学属于技术科学，不包括军事系统工程的内容，只包括系统工程的特有数学理论：线性规划、非线性规划、博弈论、排队论、库存论、决策论、搜索论等。除了运筹学，系统工程的共同理论基础还有计算科学。不仅各类系统工程有共同的理论基础，每门系统工程还有其特有的专业理论基础。工程系统工程特有的专业基础是工程设计，科研系统工程特有的专业基础是科学学，企业系统工程特有的专业基础是生产力经济学，信息系统工程特有的专业基础是信息科学和情报科学，军事系统工程特有的专业基础是军事科学，经济系统工程特有的专业基础是政治经济学，环境系统工程特有的专业基础是环境科学，等等。

控制论的奠基人维纳曾经说过："把自然科学中的方法推广到人类学、社会学、经济学方面去，希望能在社会领域取得同样程度的胜利"，这是一种"过分的乐观"。系统工程的现代发展，证明维纳在 1948 年的这番预言是保守的。系统工程在自然科学、工程技术与社会科学之间构筑了一座伟大的桥梁。现代数学理论和电子计算机技术，通过一大类新的工程技术——各类系统工程，为社会科学研究添加了极为有用的定量方法、模型方法、模拟实验方法和优化方法。系统工程应用于企业经济管理已成为现实，并将应用于更巨大的社会系统。系统工程为自然科学、工程技术工作者同社会科学工作者的合作，开辟了广阔的前景。我国系统工程工作者与社会科学工作者合作，已经在全面质量管理、人口控制计划管理方面取得了可喜的成绩。马克思说："一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人的活动，并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官——所产生的各种一般职能。"社会主义社会具有高度的组织结构，共同劳动的组织程度和规模远较马克思时代高得多、大得多。任何一种社会活动都形成一种系统，复杂的系统几乎无所不在。每一类系统的组织建立、经营运转，就成为一项系统工程；组织管理社会主义建设的技术就是社会系统工程，简称社会工程。各类系统工程可以解决的问题，涉及整个社会。领导艺术是一种离开数学领域的才能，它能从大量事物的复杂关系中判断出最重要最有决定意义的东西。实现四个现代化，是极其

伟大的社会工程。领导这一工程的任何决策，不仅需要领导艺术，更需要领导科学；不仅需要定性的材料，更需要定量的材料。用科学方法产生这些定量材料，并提供领导抉择参考，是我国现代化建设必不可少的一个专门行业。这个行业，是为国民经济建设各级领导机关特别是中央一级机关当参谋的。这个行业所从事的科学研究活动，是综合利用自然科学、社会科学、工程技术特别是系统工程，为国民经济建设的重大抉择问题提出可供选择的方案。我国社会主义社会对于系统工程的需要，犹如19世纪中叶资本主义社会对于工程技术的需要一样。那时，因为自然科学的发展，使千百年来人类改造自然的手艺上升成为有理论的科学，出现了工程技术。由于资本主义社会对工程技术的自觉应用，从而爆发了一场生产力发展的大变革。今天，系统工程的自觉应用将对我国社会生产力的发展产生变革作用。这或迟或早成为现实，取决于我们的认识。

（三）

下面我再讲讲系统工程工作在我国的发展。

运筹学在我国的发展始于1955年。那时，这样一个认识已经形成：我国有计划按比例的经济建设十分需要运筹学。1956年，在中国科学院力学研究所建立了我国第一运筹学研究组；1960年底，中国科学院力学研究所与中国科学院数学研究所的两个运筹学研究室合并成为数学研究所的运筹学研究室。华罗庚教授从60年代初期起在我国大力推广“统筹法”，而取得显著成就；在这同时，随着国防尖端技术科研工作的发展，我国在工程系统的总体设计组织方面也取得了丰富的实践经验。1966年至1976年，我国发生了十年动乱，也就说不上在这方面还能存在什么发展。粉碎“四人帮”后，系统工程的推广应用出现了新局面，1978年5月中国航空学会在北京召开了军事运筹学学术会议。1978年9月，我国科技工作者提出了利用系统思想把运筹学和管理科学统一起来的见解，提出了系统工程是组织管理技术的思想，1979年6月，中国管理现代化研究会在天津召开了系统工程学术交流会；1979年7月，中国自动化学会在芜湖召开了系统工程学术讨论会；1979年10月，中国科学院，教育部，社会科学院，一、二、三、四、五、六、七、八机部，总参，总后，军事科学院，军事学院，国防科委和军兵种的150名代表，在北京举行了系统工程学术讨论会，国务院副总理耿飙、王震，总参副总长张爱萍、李达，以及各有关部门领导同志十余人，出席了这次讨论会的开幕式，体现了党和政府对系统工程在四化建设中作用的重视。这次会上我国21名知名科学家联合向中国科协倡议成立中国系统工程学会。西安交通大学、清华大学、天津大学、华中工学院、上海交通大学、大连工学院、上海化工学院、上海机械学院、哈尔滨工业大学、北京工业学院、国防科技大学相继成立了系统工程的研究室、研究所或系；上海机械学院和国防科技大学已招收系统工程专业的本科生。中国航空学会举办了系统工程和运筹学讨论班；中国自动化学会成立了系统工程专业组。1980年2月26日，中国科学院系统科学研究所举行了成立大会，方毅副总理和中国科学院领导到会表示热烈祝贺。1980年3月22日，包括西安地区国防工业系统、高等院校与工交财贸系统70余名会员的西安系统工程学会成立。

1980年下半年，中央人民广播电台将首次举办全国性的系统工程广播讲座，由9位知名科学家播讲。现在，全国科协和中央电视台又联合举办这次系统工程电视讲座，内容包括系统工程基本概念及系统工程在四化建设中的应用、系统工程方法、系统工程理论基础和系统工程

人才培养等四个方面，全部讲座由中国自动化学会、中国航空学会、中国铁道学会和中国系统工程学会共同承担。我国科技工作者已经认识到：系统工程同现代化建设各个领域的组织管理工作是紧密联系在一起的。他们已着手进行实验，将系统工程应用于工程计划的协调与平衡、工业企业全面质量管理、人口控制计划以及军事装备的规划。以上这一系列活动表明，我国科技工作者对系统工程的应用是有认识的，他们正在作出实际努力！我们希望中央电视台的这一系列广播能进一步推动系统工程在我国的发展，为我国社会主义的四个现代化做出贡献。

本文是钱学森同志1980年在中央电视台系统工程讲座的讲话稿，原载中国科协普及部《系统工程普及讲座汇编》(上)。

附录 9

新技术革命与系统工程——从系统科学看我国今后 60 年的社会革命

我认为系统科学就是从局部与整体、局部与系统这样一个观点去研究客观世界。在系统科学中，直接改造客观世界的技术是系统工程。指导我们作系统工程的一些普遍的、理论性的东西是运筹学、控制论、信息论。这三门学问是技术科学性质的，是直接为系统工程服务的理论。还有一门学问我们正在建立，这就是系统学。系统学是系统科学的基础理论，就如同物理、化学等自然科学的基础科学一样。这些学问还要与马克思主义哲学联系起来，用马克思主义哲学来指导这些学问的研究。这中间需要有一个桥梁，就像从马克思主义哲学到自然科学中间有一个自然辩证法、从马克思主义哲学到社会科学中间有一个历史唯物主义一样，这中间的桥梁我认为就是系统论。人类一切知识的最高概括就是马克思主义哲学，即辩证唯物主义。那么，从桥梁即系统论开始到基础科学系统学，再到技术科学控制论、信息论、运筹学，最后到直接改造客观世界的学问系统工程，这一整套学问我称之为“系统科学”，以有别于社会科学、自然科学。所以，按照我的看法，“系统科学”比“系统工程”的含义更广，是科学技术的一个大的部门。

科学革命与技术革命

革命就是事物发展过程当中所出现的飞跃，是急剧变化、质的变化。马克思主义认为，一切事物是不断发展着的，但不是平稳的。有时发展慢，或者暂时静止不动，甚至倒退；有时发展很快，有质的变化，形成飞跃。这种飞跃用经典哲学名词可称之为“扬弃”，我们通常称之为“革命”。从这个观点出发，那么，什么叫“科学革命”呢？科学革命就是人认识客观世界的飞跃。科学革命这个词首先是由一个美国科学哲学家 T. S. 库恩提出来的，他在 30 年代写了一本书，书名是《科学革命的结构》，已有中译本出版。书中提出了一个很正确的观点，就是科学的发展不是平稳前进的，中间可以出现大的、质的变化，出现飞跃。他把这个质的变化、这个飞跃称为科学革命。我认为他的这一观点是对的，当然书中所讲的东西不一定全对，也有许多我们不能接受的观点。但我肯定他提出科学的发展有革命是对的。去年 4 月，我在六个单位组织的“新技术革命知识讲座”中已经较详细地讲了科学革命的问题。我认为在人认识客观世界的全过程中，有很多次飞跃，这就是科学革命。比如说，前人认为太阳、月亮是绕地球转的，即所

谓的“地心说”，后来人们认识到地球是绕着太阳转的，即“日心说”，这就是人认识客观世界的一个飞跃。像这种推翻过去的认识，建立新的认识，就是科学革命，历史上这样的例子很多。

现在我们也面临着一个科学的大的发展，或叫科学革命，就是人认识客观世界的一个飞跃。现在科学发展的一个重要方面就是高能物理、基本粒子。这些学问实际上是说明：我们这个世界到底是怎样的世界。从 17 世纪的牛顿力学开始，我们研究的是宏观世界，就是从太阳系到地球上的东西，如汽车、人是如何运动的，这些是对宏观世界的认识。到了 20 世纪初，特别是 20 年代末 30 年代初，发生了这么两件事：一是量子力学的出现。量子力学研究的是比分子更小的东西。分子的大小为 10^{-8} 厘米，在这个尺度以下，牛顿力学无能为力，要用量子力学。这就是从宏观到微观，宏观用牛顿力学，微观就要用量子力学；二是广义相对论的诞生。如果研究范围扩大到比太阳系还要大，如银河星系，牛顿力学也就不行了。银河星系像个大盘子，直径为 10 万光年，对这样大的范围进行研究就要用广义相对论。所以，天文学家说，宏观尺度以上，还有一个叫宇观。这样可分为三个层次，最大的是宇观，其次是宏观，最小的是微观，研究的对象分别是银河星系、山川物体和基本粒子。

随着自然科学的发展，现在发现微观世界中，物体之间有四种作用力，最初的是万有引力，稍大一些的是弱作用力，再大一些的是电磁作用力，最强的是强作用力。物理学家觉得这四种作用力太多了，于是要求建立一个完整理论，把这四个作用力统一起来，这就是大统一场论。在对这一理论的研究中，现在发现要把它们统一起来，就必须考虑一种新的作用力的场，这种新的场是英国爱丁堡大学希格斯发现的，这个场就被称为“希格斯场”。这个场极细小，远远要比基本粒子小，它的大小为 10^{-34} 厘米，所以微观不行了，需要有一个新概念，这就是微观以下的一个层次，我随便称之为“渺观”。渺观中的希格斯场恰恰又可以用来解释我们现在的宇宙是怎样形成的，这样最小和最大就联系起来了。过去在物理学界和天文学界曾根据天文观测提出一个叫“大爆炸理论”的学说，它认为我们现在的宇宙，从望远镜观测的结果来推算，大约的尺度是 100 多亿光年。但如此大的宇宙开始时是很小的，是逐步膨胀的、爆炸的。这一理论过去曾碰到过问题，宇宙在爆炸的第一瞬间之前是什么东西呢？这在哲学上解释不通，这个问题恩格斯在《反杜林论》中就提出过。现在用希格斯场可以解释了，爆炸的过程是很复杂的，这不是唯一的爆炸，宇宙是无限的，这一爆炸只是宇宙的一个局部的爆炸，这样宇宙起点问题就解决了。这样就不能称为“大爆炸理论”，而要称为“膨胀理论”。所以，在宇观之上，还有多个宇宙同时存在的问题，这是由“膨胀理论”引起的，我给它起个名字叫做“胀观”。

总之，近十年物理学界、天文学界的工作又给原来的“宇观”、“宏观”、“微观”加了两个层次，叫做“渺观”和“胀观”。胀、宇、宏、微、渺，一共五个层次。这种对客观世界的认识过程还在发展中，现在尚未定论，但是可以看到一个趋势，从解决四种相互作用力的场论开始，又涉及到宇宙论，将来这一理论建立以后，当然是人认识客观世界的一个飞跃，是科学革命。这一科学革命出现以后，我想，哲学家们曾提出过的所谓“本体论”就不必要了。刚才所讲的“五观”，讨论的就是客观世界本质是什么、本原是什么的问题，这恰恰属于本体论讨论的范围。本体论是用思辨来讨论问题的，但是对客观世界本质的问题，本体论没有解决，现在科学可以解决了。所以，我认为自然科学里有一个即将到来的科学革命。

关于技术革命，现在谈论得就更多了，我就不准备多说了，只是稍提一下。我认为技术革命的概念或定义还是用毛泽东同志提出的建议：什么叫技术革命？技术革命就是技术领域里的重大变革。他举了三个例子：蒸汽机、电力、原子能。这就很清楚，技术变革就是人改造客观

世界技术的飞跃,这个新技术的出现要影响一大片,影响生产力,这就是技术革命。

在即将到来的技术革命中,我提请大家重视人工智能的重要性。智能机就是超出电子计算机的计算功能,要有人的智慧,或部分智慧。现在日本搞的第五代计算机就是这种,美国、西欧也纷纷开始搞,这可能是即将到来的新的技术革命。

社会革命及其三种类型:产业革命、政治革命、文化革命

除了科学革命和技术革命外,现在讲得较多的还有新的技术革命和新技术革命,这两个词怎么区别?我的理解是新的技术革命可能指单项的技术革命,如电子计算机、遗传工程、生物工程、激光、光纤通讯等。新技术革命可能是统称。经常使用的还有两个经典的老词:产业革命和社会革命。此外,苏联人常用科学技术革命,美国人常用第三次浪潮、第四次产业革命等新词,概念大多不很清楚。

我认为,社会的发展当然是有飞跃的,那么是不是社会发展进程中的飞跃就是社会革命呢?邓小平同志多次讲过,改革是一场革命。1984 年 2 月 31 日《世界经济导报》头版头条刊登了一篇题为《中共中央总书记胡耀邦最近提出破除小农经济思想和封建宗法观念》的报道,文章的第一句话是:"中共中央总书记胡耀邦最近指出,改革是一场深刻的社会革命。"1984 年 10 月 18 日《光明日报》发表的一篇题为《观念更新与改革文艺》的文章中也提出:"现在我们面临的是一场社会革命。"所以,"社会革命"这个词现在用得比较多。《未来与发展》1984 年第 4 期发表了中国社会科学院马列研究所的冯兰瑞和刘世定同志的文章《以马克思主义的科学态度和方法研究世界新产业革命》,用了"产业革命"这个经典词,我很赞成这篇文章的主题。我还接到湖北省委政策研究室的姚志学同志的来信,他提出要用系统的方法来分析研究科学革命、技术革命、产业革命和社会革命,我也很赞成。

那么,什么是马克思主义的科学态度和方法呢?我们说科学的发展是社会现象,技术的发展也是社会现象,研究社会现象要用马克思主义的什么方法呢?当然是历史唯物主义。历史唯物主义的基本观点是社会的发展是由于生产力的发展,这里有两组基本概念:一是生产力与生产关系,生产力推动生产关系,生产关系反作用于生产力;二是经济基础与上层建筑,经济基础推动社会上层建筑的发展,上层建筑也反作用于经济基础。这是历史唯物主义两个最基本的观点。从这个观点出发,我们认为科学革命和技术革命都属于基础,或叫基础性质的东西,因为直接推动生产力发展的是技术革命,而技术革命的来源是科学革命,要改造客观世界当然首先要认识世界。当然人类历史发展的初期是无所谓科学的。例如,在远古时代,人也有技术革命,如火的利用、铁器的制造,但那时还谈不上什么科学,所以那时不一定有科学革命,但是已经有了技术革命。但是,在现在人要先认识客观世界以后才能改造客观世界,认识客观世界的革命是科学革命,这样科学革命就成了技术革命的先导。但不管怎样,无论是科学革命还是技术革命,毕竟要引起生产力的革命。社会科学所研究的是更上面一个层次,即生产力与生产关系、经济基础与上层建筑这些问题。这些我们必须认真研究。

我得益于中央党校刊物《理论月刊》1984 年第 8 期上发表的一篇题为《社会经济形态不是社会的经济形态》的文章。这里涉及到社会形态。社会形态是马克思提出来的,马克思首先用这个词是德语 gesellschaftsformation,后来译成俄语 обществення формация。马克思在《资本论》第一卷序言中用一个"经济的社会形态"即德文的 ökonomische gesellschaftsformation。

我查了一下,郭大力、王亚南译本中这个词的翻译是正确的,译为"经济社会形态",也就是经济的社会形态。但是文章的作者认为这样一个德文词译成俄文就出了点乱子,变成了"社会经济的形态"即 общественно—кономическая формация。"社会经济的形态"在《马克思恩格斯全集》的《资本论》中译本中变成了"社会经济形态",而且中间少了一个"的"字,这就很容易被理解为"社会的经济形态",所以文章的作者提出了辩解,他说,社会经济形态不是社会的经济形态。我认为这里存在一些混乱,应当予以清理。马克思所用的概念的含义很清楚,是"社会形态"。什么叫社会形态?马克思举了很多例子,如原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会、社会主义或共产主义社会,这里所说的社会形态就是整个社会的组织结构。从这里我们还想到在马克思的时代,中心问题是无产阶级与资产阶级的阶级斗争。当然恩格斯在《英国工人阶级状况》一书中用了产业革命这个词,但在那个时代科学技术对于社会形态发展的研究看来还未受重视。我们今天看问题要首先明确社会形态这一个基本概念,在对这一概念的理解中我们一定要坚持历史唯物主义的观点,即生产力与生产关系的关系、经济基础与上层建筑的关系。从这个观点出发,我们要考虑到社会形态的几个方面:一个是马克思已经提出的,即经济的社会形态;另外还有两个,一个是政治的社会形态,另一个是意识的社会形态,意识的社会形态也就是我们通常所说的意识形态,现在我把它明确下来,意识形态不是指哪一个人的意识,而是整个社会的意识,称之为意识的社会形态。这样就很清楚了,经济的社会形态的飞跃是产业革命,政治的社会形态的飞跃是政治革命,意识的社会形态的飞跃是文化革命。而产业革命、政治革命和文化革命就是广义的社会革命。社会形态的变化、飞跃就是社会革命,但社会革命可以由不同侧面所引起,而且具有不同性质。产业革命、政治革命和文化革命都是社会革命,是比科学革命和技术革命更高层次的革命,它们都会引起社会形态的根本变化。所以说,我们习惯用的一个命题,即社会形态的交替必须通过社会革命,还是成立的。我只是把引起社会重大变革的这些事实放在一个体系中去研究,这就是系统的观点、系统科学的观点了。

产业革命和中国面临的产业革命

根据以上定义,经济的社会形态的飞跃就是产业革命,我认为人类历史上已经发生过四次产业革命。

第一次产业革命,发生在 1 万年以前。人类是以打猎、采集为生发展到以畜牧业和农业为生。

第二次产业革命,发生在奴隶社会。生产发展了,人们不再专为自己而生产,而是为交换而生产,也就是商品的出现。这里顺便提一句,十二届三中全会提出要大力发展商品生产,我们有的同志以为商品经济就是资本主义,有点担心。其实商品经济早就出现了,它并不是资本主义社会所特有的,奴隶社会、封建社会也有,因此商品经济不是与某一特定社会制度结合在一起的,我们今天的商品、货币等等就是社会主义的经济范畴。

第三次产业革命,发生在 18 世纪末、19 世纪初。由于蒸汽机的出现引起了大工业。但是应该说这时的大工业还不是现代意义上的大工业。

第四次产业革命是在 19 世纪末、20 世纪初。工厂的组织形式发生了巨大变化,工厂的规模从一家一户扩大到国家或国际范围,对此列宁在《帝国主义是资本主义的最高阶段》一书中着重讲了它的政治意义,经济方面的意义也讲了,但讲得不太多。

目前国外称之为第三次浪潮或第四次产业革命的一次新的产业革命，应该是第五次。

从中国来看，情况有所不同。我们经历了这么长的封建社会，还有100多年的半殖民地半封建的社会，我们落后了。英国18世纪末、19世纪初所进行的第三次产业革命，在我国是在建国以后随着工业体系的建立才搞起来的，而且各自为政的情况非常严重。我1955年回国后看了很吃惊，每建一工厂从螺丝钉开始什么都生产，这在西方国家是没有的，那里都实行专业化生产。一个机械工业工厂连螺丝钉也要自己生产，这就是18世纪末、19世纪初的古老的生产方法。十一届三中全会以后，中央的政策是完全正确的，2000年将实现翻两番的目标。小平同志还讲，我们要用50年的时间赶上世界先进水平。我们面临的任务就是要在60年的时间内补上第四次产业革命的课，迎头赶上，迎接正在酝酿的第五次产业革命。而且我认为展望21世纪，中国要以农村为基地，发展高度知识密集型的农业型产业，即我以前所讲的五业：种植的农业、林业、草业、海业和沙业。这是21世纪将在中国出现的第六次产业革命。今后60年就是要补第四次产业革命的课，迎头赶上第五次，准备第六次。这是非常艰巨的任务，世界历史上没有过。第四、五、六次产业革命一气呵成，当然中间要分阶段。在这个艰巨任务面前，我们要学的东西很多，现在至少要了解一些情况。外国人写的一些书可以看看，如托夫勒的《第三次浪潮》、奈斯比特的《大趋势》和托夫勒的新作《预测与前提》。要了解世界先进国家碰到的问题是什么，今后我们要尽量避免。

我们搞经济科学要迎接今后60年的变化。经济科学中应该着重研究什么学问？我们研究较多的是政治经济学，是研究生产关系的。对于生产力的经济学我们也要研究，即生产力经济学。我要提出一门新学问，即“金融经济学”。1984年底我国银行存款1400亿元，这是一个不小的数字，但这笔钱没有充分利用，银行既要吸收，也要贷放，这样才能充分利用社会闲散资金。开展租赁业务也是一种金融办法，还有分期付款等等。今年1月26日《经济日报》发表的《高利率——美国经济的新特征》一文指出，里根政府之所以能维持下去，就是靠资本主义那一套金融办法。说穿了，里根政府赖以生存的就是政府向银行借钱，然后通过政府各项购买，尤其是购买军火，让资本家赚钱，进行投资。政府财政赤字已从里根上台时的400多亿美元猛增到现在的2000亿美元，政府背的债务就是掏将来人民的口袋，过去民主党政府还没有悟出这个道理，政府投资没钱就靠滥发纸币，引起通货膨胀，这种办法等于是掏现在老百姓的口袋。这些都是在金融领域玩花招，如果我们不研究金融经济学，就看不透里根政府这套把戏。我们是社会主义国家，实行的是有计划的商品经济，商品经济就有一个钱的问题，而钱是金融经济学所要研究的。我认为政治经济学、生产力经济学和金融经济学这三门是经济科学的基础。

现在存在着微观经济学和宏观经济学，也有人提出了中观经济学，那么是否还有一个宇观经济学呢？所谓微观经济是指一个企业的经济，所谓宏观经济是指一个国家的经济，而中观经济可以是一个行业的经济，也可以是一个经济区的经济或一个行政区的经济，这样宇观经济就该是全世界的经济体系了。目前大家对经济区域的划分还在讨论，国家只明确了一个上海经济区，包括上海市和苏、皖、浙、赣四省。所以四门经济学都还有许多工作要做。但我们应该看到，微、中、宏、宇都是相互联系着的，不过是整个世界经济体系的不同层次。而我们现在的研究还是分家的，微观就是微观，宏观就是宏观，微观与宏观之间没有一个桥梁。前几年我曾提出，在自然科学中从微观到宏观有一个统计物理，用统计物理的方法去研究单个分子运动与千千万万个分子运动之间的关系，那么，我们经济学中是否应该有一个统计经济学呢？这当然不是一般意义上的经济统计学，我认为，应该有一门综合四个层次的经济学，要阐明从一个层次

过渡到相邻层次的机制和理论。

与系统科学相仿,基础科学这个层次下面还有一个技术性质的学问,数量经济学恐怕起的就是这个作用。最后,直接与实际经济生活接触的是部门经济学,它们与客观世界的关系最密切,其中有国土经济学、工业经济学、农业经济学、生态经济学、计划学、国防经济学等等。

今后60年应抓的三个方面的工作

要做好上述我国社会形态的转变,我认为在目前大家讨论的各种问题中尤其应该注意三个方面的工作:信息情报事业的建设、应用系统工程与开展系统学的研究和大力培养与提高人民的智力。它们都是关系全局的大问题,以下将逐个作些说明。

(一)信息情报事业的建设

现在信息社会讲得很多,但也有的同志对这种提法表示怀疑。在武汉举行的"经济发展战略与经济体制综合改革理论讨论会"上,童大林同志对当前信息社会的提法提出了质疑,希望大家对这个问题开展讨论。我认为信息情报是非常重要的,对此我有切身体会。可是,在我国科技信息是很不灵的。我在国外呆了很长时间,从事研究工作,我当时就有这么一种想法,如果在我这个行业有了一项科技成果,并且公开发表了,而我在一个星期内还不知道的话,那么我就是失职了。当时我周围的人也都有这个想法。但是,目前在我们中国一项成果发表了半年、一年还不知道,也觉得无所谓,信息如此迟钝,怎么能不坏事呢?我们缺少一个情报体系,都是各人单独搜集情报。

信息情报工作大致有三个方面的内容:一是情报的搜集。现在搜集情报的渠道非常多,渠道本身也是不断变化着的,搜集情报的量是相当大的。二是情报的储存和检索。这方面的工作在技术手段上已经有了很大的发展,储存有磁带、激光盘,检索靠电子计算机。

以上这两个方面的工作在我们国家还需要花很大力气才能建立起来,单靠个人搜集情报的方法不行,一个人订十几份、几十份报纸,这当然可以得到部分信息,但毕竟是一个古典的办法。这两方面的工作大家提得比较多,我要着重谈谈第三个方面的工作,即知识的活化,就是说搜集来的情报存在库内要随时可以提取出来,否则这样的情报或知识是死的,真正有用的情报是活情报。可以举几个例子说明这个问题。

在普法战争期间,马克思住在英国伦敦,恩格斯住在曼彻斯特。恩格斯常常写关于普法战争情况的文章。有一次他预见到将要打一次大仗,这一仗怎么打法,最后胜败如何,恩格斯都预见到了。他马上写了一篇文章,并立即用快邮寄给马克思,让马克思交给伦敦的一家报纸。马克思收到文章后立即坐上马车赶往报纸编辑部,第二天早上这篇文章及时见报了,这时战争已经打起来了,战争的情况、进展,以至于结果都与恩格斯的预见完全一致。那么,恩格斯有什么特殊情报渠道呢?没有,只是靠报纸发表的消息,但是他有马克思主义哲学、军事学,建立了事物的系统的框架,只要把报纸上发表的一些事实填到框架中,那么,战争的进程、结果就一目了然了。报纸上发表的消息是一种死知识,恩格斯对这些死知识进行分析加工,把它放到一个系统的框架中去,这就是死知识的活化过程。

以上这个例子说明,信息、情报在资料库里是死的,把这些死的东西提取出来,经过组合、分解,用系统工程的分析方法弄清其相互关系、历史的发展过程,这样就把死情报活化了,不明

显的东西变得很突出了，这就是情报研究。今后情报研究的工作量要比过去大得多，如果完全依靠人工是不可想象的，要借助现代化分析手段，这就是智能机。虽然智能机只能代替一部分人的智能工作，但这就可以省好多事。智能机与信息系统的结合是非常重要的，没有这个结合，信息情报就可能分析不透，就可能作出错误的判断，所以我要强调信息情报对于即将到来的整个社会变革的重要意义。信息情报工作做不好，即便科学研究工作的效率很高，也会由于信息不灵，得不到好的社会效果。信息情报工作是我们今后一项重要工作。正是这个缘故，现在国外的信息情报受到高度重视，发展很快。在日本，有一个信息情报业，是一个新的产业，它的产值增长速度是最快的，比电子工业还要快。针对我国目前情况，这方面有许多工作要做。首先有一个基础差的问题，也就是我们的通讯传递系统太落后，目前我们全国的电话机总数不过与香港一个地区的电话机数目相当。前几年对这个问题不重视，现在许多中央领导同志讲话中都提到这个问题，这非常好，如果没有这个基本建设，信息情报就无法传递。有的同志说，工业是硬的，信息情报是软的，也有称为硬产业、软产业的。我用另一种提法：第一产业是农业，第二产业是工业，第三产业是生产后勤和生活服务业，第四产业就是知识的积累、提取和使用，可称为精神财富的创造和使用产业。我们这些知识分子、科技人员都是产业大军的成员。

（二）应用系统工程与开展系统学的研究

这里我要强调的不是系统工程的重要性，而是如何考虑今后60年的大战略。这个大战略大致包括如下八个方面的内容：

一是物质文明的建设，生产物质财富。

二是精神文明的建设，创造精神财富。

三是服务于上述两个建设的后勤工作，不只是生活服务，还包括交通运输、通信、能源供应等等。

四是行政管理。过去我们在这方面考虑得比较少，1984年12月6日《经济日报》发表一篇文章，题目是《治国兴邦之学——行政管理学》，我很同意这篇文章的观点，并且认为要用系统工程的方法来研究行政管理，使它成为一门科学。行政管理有许多方面可以应用电子计算机，这就是所谓的办公自动化，这方面我们还差得很远。在我们社会主义国家里，行政管理完全可以科学化。在资本主义国家，资本家要捣鬼，捣鬼与科学是不相容的。我们不捣鬼，完全可以科学化。

五是法制建设，法制也要科学化。人类自从进入阶级社会以后，法制成了统治阶级压迫被统治阶级的工具。在中国的封建社会，皇帝的话就是金科玉律。在资本主义社会法就比较严密了，但资本主义国家在制订法的时候又专门留空子，好让资本家去钻。由此可见，资本主义国家的法是不严密的。彭真同志讲过，我们社会主义的法是最严密的，是真正为人民服务的，这样社会主义法制就有可能，也有必要变成一门科学。我曾经提过一个建议，要建立社会主义法制和法治的系统工程。

六是国际交往。这是个非常复杂的问题，不单纯是外交。现在的国际交往什么人都参加，有首相或总理、内阁成员、公司经理、学会代表等等，角色虽然不同，但都演一台戏。总的说来，资本主义国家与你交往的目的就是要赚你的钱。所以说外事交往是很复杂的，机密性很强。这也是一个系统，也要运用系统工程的方法。

七是国家环境的管理。我们现在有个生态经济学学会，国家还设有城乡建设环境保护部，

所要研究和解决的问题很多，空气污染、水流污染、噪音等等，实际上就是一个环境问题，这也是一个庞大的系统工程。应该说这些方面的问题对我们来说比较容易解决，因为社会主义国家是一个统一体。

八是国防问题。马克思主义认为，只要帝国主义、资本主义存在，战争就不可避免，国防建设当然也是国家大事。

我想，大战略的这八个方面各有系统，又互相联系，形成一个整体，要研究这样一个复杂的整体，单靠系统工程就不够了，我们还要在技术科学和基础科学（系统学）方面下工夫。在系统学的研究方面已经取得了一些成果，如北京大学数学系的廖山涛教授搞了一个微分动力体系理论，北京师范大学副校长兼物理系主任方福康教授搞了一个非平衡系统理论，这两个理论都是系统学的一部分，并且是针对十分复杂的系统，我称之为巨系统。现在我们也有条件和可能发展系统科学中的基础科学——系统学，我国现在有许多同志从事这方面的研究，也有这样的学术单位。比如，去年航天工业部的信息控制研究所接受了国家体制改革委员会委托的一项任务，研究调整物价的可行性。这个研究所过去没有接触过经济问题，他们就向经济学家请教，到各部门去搜集大量资料数据，建立了若干方程式和数学模型，利用电子计算机经过反复运算，最终得出了经济学家满意的结果。这个报告得到了好评，它说明许多复杂问题用系统工程办法来分析是可以解决的。

（三）大力培养与提高人民的智力

要在21世纪中叶赶上当时的世界先进水平，对文化教育和人民智力的要求是非常高的，读书、有知识文化将不仅是知识分子的事，而是全体人民的事。工业生产将是高度知识密集型的，农业生产也将是高度知识密集型的，劳动者没有文化、没有科学技术就不能很好地劳动。再从现在世界先进国家人民教育水平不断提高的趋势来看，由普及小学教育到普及中学和中专教育，再进而扩大大专毕业生在人口中的比例，即到21世纪中叶，还有60年，那时人人要有大专文化水平，资本主义发展引起的城乡差别、工业和农业差别将要消灭，随之出现的将是体力劳动和脑力劳动差别的消灭。但我国目前还有2亿多文盲、半文盲，大家看电视节目上的智力测验，大概感触也很多。比比现实状况和60年后的要求，大力培养与提高人民的智力的确是件头等大事。

我想这件大事可以分两步走：第一步到2000年，届时我们的干部文化水平都要是大学毕业的，第二步再用30、50年达到全民都是大学毕业的。为此，我绘制了一幅本世纪末我国教育事业的草图。我设想每年小学入学学生和毕业学生为2000万，在校小学生为1.2亿。小学毕业生有一半进三年制职业学校，每年1000万，在校学生3000万。其他1000万进初级中学，在校初中生3000万。初中毕业生中的多一半，设600万进中等专科学校、职业中学和技工学校，三年毕业，在校学习学生为1800万。还有400万初中毕业生进高中，三年学习，在校学生1200万。每年有400万高中毕业生，其中多数约300万进大专，两年毕业，在校学生为600万。另有100万高中生进四年制大学，在校学生400万。这样全部在校学生共2.2亿，共需教师约2200万人。年教育经费约1000亿元，比目前增长10倍左右，而这笔账还没有计算现代社会发展所必须的成人再教育等。很显然教育在国家经济中将是一项与基本建设同等分量的开支，国家经济计划中的一些概念也要改变了。请经济学家们注意啊！

面临这样大的任务，我国现行教育体制是显然不适应的。好在党中央和国务院正抓这个

问题，召开过多次会议讨论，我们相信关于教育体制的改革问题也会像十二届三中全会《决定》中讲的，中央将专门讨论这方面的问题，并作出相应的决定，而得到解决。

但从长远看，我认为我们还要研究教育科学的基础理论，总结古今中外的育人经验，结合近年兴起的行为科学，大大提高培养教育的效益，缩短达到一定目标的必须时间。例如国外已有倡议把小学入学年龄从 6 岁降到 4 岁。也有的从儿童心理学的研究结果提出幼儿教育的重要性，主张教育要从娃娃开始。如此等等都是大有可为的。从我自己和我的同学们的经历说，我认为中小学教育搞好了，两年制大学就能达到现在四年制大学的水平，而四年制大学可以达到现在的硕士水平。再加上提早入学，肯定可以节省几年时间！

而这还没有到顶，人脑还大有潜力，人的智力还大可发展。这是从现代人体科学和思维科学的研究结果得出的认识：现在的人比起 100 万年前的人类祖先聪明多了，而这个进步还是自发的、不自觉的过程。今后用人体科学和思维科学，自觉地、能动地去开发人脑的潜力，人的聪明怎么会不大大提高呢？教育的过程怎么会不大大缩短呢？这将是又一场科学革命和又一场技术革命。

我以上讲的主题是展望我国未来 60 年的社会革命，我用的方法是系统科学方法，所以这次“新技术革命与系统工程讲习班”的课，用的副标题是“从系统科学看我国今后 60 年的社会革命”。我作为一个自然科学、工程技术工作者谈点个人不成熟想法，向同志们请教！

本文选自《世界经济》1985 年第 4 期。

附录 10

系统工程与系统科学的体系

系统工程是个新生事物，所以大家对其涵义、范围等说法不一。当然，一个问题大家意见不同，并无坏处，可以交流讨论，互相启发，认识可以因而深化。我们搞科学技术应该用马克思主义哲学为指导，因此考虑问题一定要从马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和我国的实际出发，不能一味跟外国人走；他们搞不清的，我们应该努力搞清楚，他们不明确的，我们要讲明确，而且要力求符合大道理。

(一)系统思想和系统工程

首先应该搞清楚"系统"这个概念。系统作为一个概念既不是人类生来就有，也不是像有些外国人讲的那样，是 20 世纪 40 年代突然出现的东西。

系统概念来源于古代人类的社会实践经验，所以一点也不神秘。人类自有生产活动以来，无不在同自然系统打交道。古代农事、工程、医药、天文知识等方面的成就，都在不同程度上反映了朴素的系统概念的自发应用。人类在知道系统思想和系统工程之前，就已经在进行辩证的系统思维了。朴素的系统概念，不仅表现在古代人类的实践中，而且在古中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。用自发的系统概念考察自然现象，这是古代中国和希腊唯物主义哲学思想的一个特征。古代辩证唯物主义的哲学思想包含了系统思想的萌芽。

在国外，有那么一些人一说到系统工程中的系统，总好像是 20 世纪的新发现，是现代科学技术所独特的创造。这在我们看来，自然不能同意，因为局部与全部的辩证统一，事物内部矛盾的发展与演变等，本来是辩证唯物主义的常理；而这就是"系统"概念的精髓。以前在科学技术中不注意系统概念的运用，正是受了科学技术早年历史的影响。恩格斯就讲过："旧的研究方法和思维方法，黑格尔称之为'形而上学'的方法，主要是把事物当作一成不变的东西去研究，它的残余还牢牢地盘踞在人们的头脑中，这种方法在当时是有重大的历史根据的。必须先研究事物，而后才能研究过程。必须先知道一个事物是什么，而后才能觉察到这个事物中所发生的变化。自然科学中的情形正是这样。认为事物是既成的东西的旧形而上学，是从那种把非生物和生物当做既成事物来研究的自然科学中产生的。而当这种研究已经进展到可以向前

迈出决定性的一步，即可以过渡到系统地研究这些事物在自然界本身中所发生的变化的时候，在哲学领域内也就响起了旧形而上学的丧钟。”恩格斯还把这一认识上的飞跃称为“一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体”。这里，恩格斯讲的集合体不就是我们讲的系统吗？恩格斯强调的过程，不就是我们讲的系统中各个组成部分的相互作用和整体的发展变化吗？而恩格斯的这些光辉论述写于 1886 年初，距今已经 100 年了！

其实，马克思、恩格斯、列宁和毛泽东同志的著作中还有许多这方面的论述，我们现在搞系统工程一定要熟悉这些论述，作为强大的理论武器。我们要认识到系统这一概念，来源于人类的长期社会实践，首先在马克思主义的经典著作中总结上升为明确的思想，而绝不是什么在 20 世纪中叶突然出现的。

什么叫系统？系统就是由许多部分所组成的整体，所以系统的概念就是要强调整体，强调整体是由相互关联、相互制约的各个部分所组成的具有特定功能的有机整体，而且这个“系统”本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。系统工程就是从系统的认识出发，设计和实施一个整体，以求达到我们所希望得到的效果。我们称之为工程，就是要强调达到效果，要具体，要有可行的措施，也就是实干，改造客观世界。

系统有自然界本来存在的系统，如太阳系，如自然生态系统，这就说不上系统工程；系统工程是要改造自然界系统或创造出人所要的系统。而现代科学技术对系统工程的贡献在于把这一概念具体化。就是说不能光空谈系统，要有具体分析一个系统的方法，要有一套数学理论，要定量地处理系统内部的关系。而这些理论工具到 20 世纪中叶，即 40 年代才初步具备；所以系统工程的前身，即 operationsanalysis，operationsuresearch 到 20 世纪 40 年代才出现。当然系统工程的实践一旦产生实际效果，社会上就有一股强大的力量推动它发展，因此也就促使系统工程理论的发展，理论与实际相互促进。现代科学技术对系统工程的又一贡献是电子计算机。没有电子计算机的巨大计算能力，系统工程的实践将几乎是不可能的；系统工程的许多进一步发展还有待于性能更高的计算机的出现。这就是系统工程的历史：马克思主义先进思想所总结出的系统概念孕育了近 60 年的时间，到 20 世纪中叶才终于具备了条件，开出了一批花朵。要获取丰硕的果实，尚有待于我们今后的精心培育。

系统工程是工程技术，是技术就不宜像有些人那样泛称为科学。工程技术有特点，就是要改造客观世界并取得实际成果，这就离不开具体的环境和条件，必须有什么问题解决什么问题；工程技术避不开客观事物的复杂性，所以必然要同时运用多个学科的成果。一切工程技术无不如此。例如水力工程，它要用水力学、水动力学、结构力学、材料力学、电工学等，以及经济、环境、工农业生产等多方面的知识。所以凡是工程技术都是综合性的，综合性并非系统工程所独有。有人说系统工程是“高度综合的”，这一说法也许由于系统工程综合了人们本来认为好像不相关的学科，一旦习惯了，也可以把“高度”这两个字省略。

系统工程是一类包括许多门工程技术的一大工程技术门类。因而各门系统工程都是一个专业，比如工程系统工程是个专业，军事系统工程是个专业，企业系统工程是个专业，信息系统工程是个专业，经济系统工程（社会工程）是个专业；要从一个专业转到另一个专业当然不是不可能，但要有一个重新学习的阶段。这就如同干水力工程的要转而搞电力工程要重新学习一

段时间才能胜任。既然不是一门专业，提“系统工程学”这样一个词就太泛了。这如同说一个人专业是“工程学”，那人们会问，他专长的是哪一门工程？因此不必在系统工程这个一大类工程技术总称之后加一个“学”字，以免引起误解，好像真有一门工程技术叫系统工程学。不在系统工程后面加一个“学”字，也还有另外一个意思，那就是想强调系统工程是要改造客观世界的，是要实践的。

(二)系统工程共同的直接学科基础

系统工程这一大类工程技术有没有共同的学科基础呢？如果有，又是什么呢？

(1)为了更好地回答这个问题，我们先来考虑一下工程技术和其基础理论之间的关系，也就是现代科学技术的体系。现代科学技术包括马克思主义哲学形成一个完整的体系，这已经在第二讲中阐述了。从这个现代科学技术总体系来看，系统工程是工程技术，问题是什么技术科学是其共同的理论基础？许国志、王寿云和我在《文汇报》的文章中提出称这一共同基础为运筹学，我们当时也指出这是借用了一个旧有的名词，也就是国外叫 operations research 而我们以前把它译作运筹学的这个词。老的运筹学包括了某些系统工程的内容，如军事系统工程，那是历史的原因。我们的运筹学不包括系统工程的内容，而只包括了系统工程的特殊数学理论，即线性规划、非线性规划、博弈论、排队论、库存论、决策论、搜索论等。运筹学是属于技术科学范畴的。

自动控制是建立在系统概念上的，所以控制论也要作为系统工程的一个主要理论基础。当然我们也要看到一个具体事实；一个系统当然有人的干预，在概念上可以把人包括在系统之内，但现在理论的发展还没有达到真能掌握人在一定情况下的全部机能和反应，所以把人包括到系统之中还形不成通用的理论；另一方面，系统工程的目前水平又一般地要有人干预，包括有时要发动群众出谋献策，所以还不能一般地搞一个没有人的系统，完全自动化。由于这些原因，我们认为控制理论的大系统以至巨系统、多级控制发展是很有意义的，一定要提倡。

除了运筹学以及控制论这个系统工程的重要共同理论基础之外，又一个重要共同基础是讲信息传递理论的信息论；当然也还有计算科学和计算技术。

有的同志要把这两类各门系统工程的共同基础连同其他数学工具通称为“系统工程学”，我认为这样做不一定妥当，名词和内容不相符。因为系统工程的理论基础，除了共同性的基础之外，每门系统工程又有其各自的专业基础。这是因为对象不同，当然要掌握不同对象本身的规律：例如工程系统工程要靠工程设计，军事系统工程要靠军事科学等。这里用表把各门系统工程和与之对应的特有学科基础列出来。

(2)表中列了 14 门系统工程，其实还不全，还会有其他的系统工程专业，因为在现代这样一个高度组织起来的社会里，复杂的系统几乎是无所不在的，任何一种社会活动都会形成一个系统，这个系统的组织建立、有效运转就成为一项系统工程。同类的系统多了，这种系统工程就成为一门系统工程的专业。所以我们还可以再加上许多其他系统工程专业。

系统工程的专业	专业的特有学科基础
工程系统工程	工程设计
科研系统工程	科学学
企业系统工程	生产力经济学
信息系统工程	信息学、情报学
军事系统工程	军事科学
经济系统工程	政治经济学
环境系统工程	环境科学
教育系统工程	教育学
社会(系统)工程	社会学、未来学
计量系统工程	计量学
标准系统工程	标准学
农业系统工程	农事学
行政系统工程	行政学
法制系统工程	法学

前一半七种系统工程大家可能比较熟悉,不需要解释。后七种系统工程中的第一种是教育系统工程,那是专门搞一所学校,一个地区的学校以及一个国家教育系统的组建、管理和运转的,它的特有学科基础是作为社会科学的教育学。我认为宏观经济规划问题,就是社会系统工程。社会系统工程也可以简称社会工程,是组织和管理社会主义建设的,也就是在中央决定一个历史时期的大政方针之后(例如现在我国要实现四个现代化),社会工程要设计出建设总图,并制定计划、规划;它特需的理论学科是社会学和未来学这两门社会科学。计量系统工程和标准系统工程是搞一个地区、一个国家的计量和标准体系的,他们的组织,建立和正常执行,这在现代社会已成为非常重要的职能。包括农、林、牧、副、渔的农业,其重要性是无疑的了,但现代农业是作为一种系统工程、农业系统工程的特有理论,张沁文称为“农事学”。行政系统工程是说在社会主义制度下,行政工作、机关办公完全可以科学化,加上现代档案检索技术,也可以计算机化。计算机可以拟出文件或批文草稿,可能包含几种抉择,供领导采用;它的理论也许是行政学吧。社会主义法治要一系列法律、法规、条例,从国家宪法直到部门的规定,集总成为一个法治的体系,严密的科学体系,这也是系统工程,法治系统工程;它的特有基础学科是法学。从我国目前实现四个现代化所迫切需要解决的问题来看,这后三门系统工程关系到农业发展,关系到提高行政效率,关系到加强社会主义法制,其重要性是很明显的。

当然目前系统工程概念具体化才不过十几年,只有表中头几种系统工程专业算是建立了,有了一些比较稳定的工作方法,算是有些教材可以教学生。大概从环境系统工程开始,往下这八种系统工程,有的尚在形成,有的只不过是一个设想,要靠我们今后的努力才能实现,为了四个现代化,我们一定要大力发展系统工程的各个专业。

(3)从我以上的阐述来看,系统工程可以解决的问题涉及到改造自然,改造、提高社会生产力,改造、提高国防力量,改造各种社会活动,直到改造我们国家的行政、法治等等;一句话,系统工程涉及到整个社会。所以我们面临由于系统工程而引起的社会变革绝不亚于大约 120 多

年前的那一次:那是因为自然科学的发展壮大,从而创立了科学的工程技术,即把千百年来人类改造自然的手艺上升到有理论的科学,由此爆发了一场大变革。系统工程是一项伟大的创新,整个社会面貌将会有一个大改变。所以系统工程的发展是第一讲中提到的技术革命,又是一项新的技术革命。

当然,我们现在仅仅在这一过程的开端,像我们以前已经提到的那样,我们现在能够看到的只是很小的一部分,就是表中所列举的14种系统工程也不过是系统工程全部中的一部分。也因为同理由,我们说到的也不一定确切,14种系统工程的划分也会在将来的实践中有调整。但更重要的一点是系统工程一定会在整个社会规模的实践中对理论提出许多现在还想不到的问题,系统工程的理论还要大发展。这又有两个方面;一个方面是对每一门系统工程所特有而联系着的学科,正如表中所示,他们有的是自然科学或从自然科学派生出来的技术科学,但看来将会更多的是社会科学或主要从社会科学派生出来的技术科学;这里有大量的新学科。另一方面,作为系统工程的方法理论的运筹学更会有广泛的发展,因为实践会对它提出更高的要求。正如前面已经讲过的,系统工程将来一定会更多地用控制论,不但用工程控制论,而且用社会控制论。我们还要创造一些特别为系统工程使用的数学方法,特别是在统计数学和概率论等不定值的数学运算方面。计算数学也会因系统工程实践而有某些特定方面的发展。

(三)系统科学的体系结构

这样说来,系统工程所带动的科学发展是一条很广泛的战线,不是一种、几种学科,而是几十种学科。日本的科学家们提出了一个新名词,叫"软科学"。所以我们在上面说的这一大套学科技术,似乎也可以借用"软科学"这个词来概括。但我进一步考虑:从系统工程改造客观世界的实践,提炼出一系列技术科学水平的理论学科,能就到此为止了吗?要不要更概括更提高到基础科学水平的学问呢?那用"软科学"这个词就显得局限了些,深度不够。另外,要看到系统里面也有许多"硬件",并不像"软件工程"专搞软件那么"软"。所以不宜用"软科学"这个词,我们应该回到系统这一根本概念,把整个部门的多种学科概括为一个新的现代科学技术部门,叫做"系统科学"。系统科学是并列于自然科学和社会科学的。

建立系统科学这个概念之后我们就有了一个学科的体系,可以从整个学科体系的结构来考虑问题,也就是参考第二讲提到现代科学技术体系中横向层次;直接搞改造客观世界的学问就是各门系统工程;作为各门系统工程的共同理论基础的是技术科学层次的运筹学以及控制论和信息论。什么是系统科学部门中的基础科学层次?这就是系统学。

下面就来讲建立系统学的问题。

只从工程技术的各门系统工程和其技术科学的运筹学、以及控制论去提炼还不够,还必须打开视野,要吸收 L. youBertalanffy 的一般系统论、理论生物学,I. Prigogine及其学派的远离热力学平衡态的耗散结构理论,特别是 H. Haken 的协合学理论。

(1)我们看到生物学界的发展,正如罗申(R. Rosen)在不久前的一篇论文中所讲的,18世纪以来的近代科学发展,在自然科学的研究中占主导地位的是还原论和经验论的方法,或形而上学的方法,这在当时是一个伟大的进步,是对古人的反击和革命:古代人们直观地以有机物

或神灵主宰一切。然而罗申似乎忘记了从神灵到拉普拉斯的机械论之间也曾有过古代的唯物主义和辩证法;近代科学方法是从古代唯物主义发展而来的。罗申指出,近代科学的这种只重分析与实验的方法,在生物学的研究中,把生物解剖得越来越细,近 40、50 年更是攻打到了分子的层次。我们可以说把生命现象分解为分子与分子的相互作用,现在已取得了伟大的、惊人的成就,建立了分子生物学这门有非常充实内容的科学。但在这一发展面前,也有许多生物学家感到失望,我们知道得越细、越多,反而失去全貌,感到对生命的理解仍然很渺茫,好像知道得越少了。50 前冯・贝塔朗费比较明确地认识到这一点,他开始所谓理论生物学(theoretische biologie,1932)的研究,要从生物的整体,把生物整体及其环境作为一个大系统来研究。冯・贝塔朗费还由此创立了他称为一般系统论(general system theory)的科学。还把它应用到广泛问题的研究,例如研究人的生理,人的心理以及社会现象等。

一般系统论这一学科来源于生物学研究,是一个重要发展。王兴成同志在介绍它时,把其基本原则归纳为一是整体性原则,二是相互联系的原则,三是有序性原则,四是动态原则。既然一般系统论是研究系统,一、二两条基本原则是容易理解的。三、四两条基本原则有些新鲜:它们来源于观察生物和生命现象。生物有一个有条不紊的构造,而且能有目的地生长和演化。这看来是生命所特有的。生物一死,构造立即开始破坏,生长和演化也立即停止,转入分解。所以一般系统论的核心是这后两条基本原则。冯・贝塔朗费等人,首先认识到这个生命所特有的现象与物理学中热力学第二定律说的不同:热力学第二定律说一个封闭系统(同周围环境没有能量和物质交换的有限大的系统)的熵只能增加,看来越变越无序,而不是走向有序。抓住这一点,一般系统论强调系统的开放性,即系统要同周围环境有能量和物质的交换。

一般系统论的一个重要成果是把生物和生命现象的有序性和目的性同系统的结构稳定性联系起来:有序,因为只有这样才使系统结构稳定;有目的,因为系统要走向最稳定的系统结构。这个概念当然与现代科学中的控制论有关。

但是由于生物和生命现象的高度复杂性,理论生物学家搞一般系统论遇到的困难很大。几十年来一般系统论基本上处于概念的阐发,理论的具体和定量结果还很少。当然,他们抱的希望还是很高的,罗申就说:"从演化的角度来看,生物学可认为是一部告诉人们如何有效地解决复杂问题的百科全书,以及解决这些问题中要避免的事项。生物学给我们提供了如何在大而成员各有不同的集体中进行合作而不是竞争的实例,从而证明这种集体合作是可能的、存在的。"(当然他在这里把合作和竞争割裂了,在生物界里,合作与竞争也是辩证地统一的)。

(2)复杂系统中的结构稳定性代表着有序性,但这稳定性到底是怎么产生的呢?首先给出这方面线索的是普里戈金(I. Prigogine)和由他率领的所谓比利时布鲁塞尔学派。他们在几十年的工作中,首先从平衡态热力学出发,研究了稍为偏离平衡态的热力学,从而得到处理一般不均匀物质中各种传递过程的理论。其中利用了昂萨格(Onsager)关于传递系数的对易定理。这就是由这个学派创立的非平衡态热力学。普里戈金由此再向远离平衡态的方向推进。他发现只要化学反应的速度不是大到使分子运动的速度分布比起麦克斯韦平衡态分布有过分的畸变,那么线性传递关系,也就是输运流强与物态的空间梯度成线性关系,仍然是正确的,尽管现在传递系数必须作为局部物态的函数。这就使得他们的非平衡态热力学,可以推广到远离平衡态的情况。他们由此发现了远离平衡态的稳定结构,也就是所谓"耗散结构"(dissipa-

tiVe structure)。并认为耗散结构就是一般系统论中要找的具有有序性的系统稳定结构。他们的系统合乎理论生物学的规定:从热力学的角度来看,系统必须是开放的;系统本身尽管在产生熵,但系统又同时向环境输出熵,输出大于生产,系统保留的熵在减少,所以走向有序。布鲁塞尔学派的这些成就把理论生物学推进了一大步,使一般系统论的有序结构稳定性有了严密的理论根据。系统自己走向有序结构就可称为系统自组织,这个理论也可称为系统的自组织理论。

(3)但是只从热力学考虑问题,只从宏观研究问题,虽然可信,总给人以隔靴搔痒之感,不透彻。我们要深入到微观,从系统的每一个细微环节来考察全系统的运动。在这方面,从比较简单的系统做起的控制论,近年来有一个新发展,即巨系统理论。巨系统理论着重分析系统的层次结构;一级管一级,同级结构之间有一定的独立性。这诚然是个微观理论。但直接把巨系统理论用于生物,从细胞作为基层单元开始;或用于社会经济,从每个企业、每个生产队作为基层单元开始;那就要把亿万个细胞,千百万个企业、生产队,一齐进入计算分析,毕竟太繁琐,无法取得具体结果。所以直接从微观来考察系统又不实际,不现实。这一进退两难的处境,正如当年人们认识到气体由相互作用的亿亿万万个分子组成,一对分子的相互作用的规律是清楚的,就是分子太多,作为这亿亿万万分子整体的系统,气体的性质,却无法取得具体结果。我们需要一个微观过渡到宏观的理论。实现这一过渡的奥秘在于:我们其实并不需要知道每一个分子的运动才能知道作为整体的气体的性质;宏观知识不要求知道那么多细节。这一认识使19世纪后半叶的物理学家发展了一门新学科——统计力学,不求知道每个分子的运动,但求得到整体分子的平均行为。统计力学使得热力学这一宏观规律的学问能通过分子的微观运动来解释,微观到宏观的道路打通了。这是近代物理学的一项辉煌成就。它给我们一个启示:在研究复杂的巨系统中,我们也要引用统计方法;才能透彻地看到局部到整体的过渡,才能避开不必要的细节,把握住主要的现象。哈肯(Hemlann Haken)就是用这样的观点来研究系统行为的。他的工作是从60年代研究激光发射机理开始的。由于当时现代科学技术的多方面成果已经摆在他面前,他吸收了概率论、信息论和控制论的有关部分,并且从一些平衡态,如超导现象和铁磁现象的理论发现,有序结构的出现并不是非远离平衡不可。超导体和铁磁体的结构是一种有序结构,就连液体和固体结构也在一定程度上是有序的;而它们都可以在热力学平衡下,从无序的状态产生。哈肯还发现激光发射这种远离平衡态的系统与上述平衡态的系统,在形成系统的有序结构的机理方面是相似的,都是本系统固有的性质。这就是说关键不在于热力学平衡还是热力学不平衡,也不在于离平衡有多远,而在于下面的情况:系统的详细运动或微观描述可以用一大组联立一阶时间导数的常微分方程来表达,有多少个描述系统状态的变数,方程组的方程就有多少。对复杂的系统来说,描述系统的变数在某瞬间可以成千上万、上亿万;但不管多少,用一个坐标标出一个系统变换的值,那系统的瞬间状态总可以用这样一个许许多多互相垂直的坐标轴所形成的多维空间中的一个点来表达。这个多维空间,在统计力学中称相空间。系统随时间的变化就是这个代表系统状态的点,在相空间随时间的移动。所以如果系统自己要走向一种有序结构,那就是说代表那种系统有序结构的点是系统的目标,不管从空间的那一点开始,终归要走到这个代表有序结构的点。更复杂的情况也可以出现,有序结构不是固定不随时间变的,而是一种往返重复的振荡,那就在相空间有一个封闭的环,这

个环就是系统的目标。如果还要把在有序结构点或往返重复振荡附近的随机涨落也包括进去，那就说在相空间的这种点或环是不那么清晰的，有些模糊。

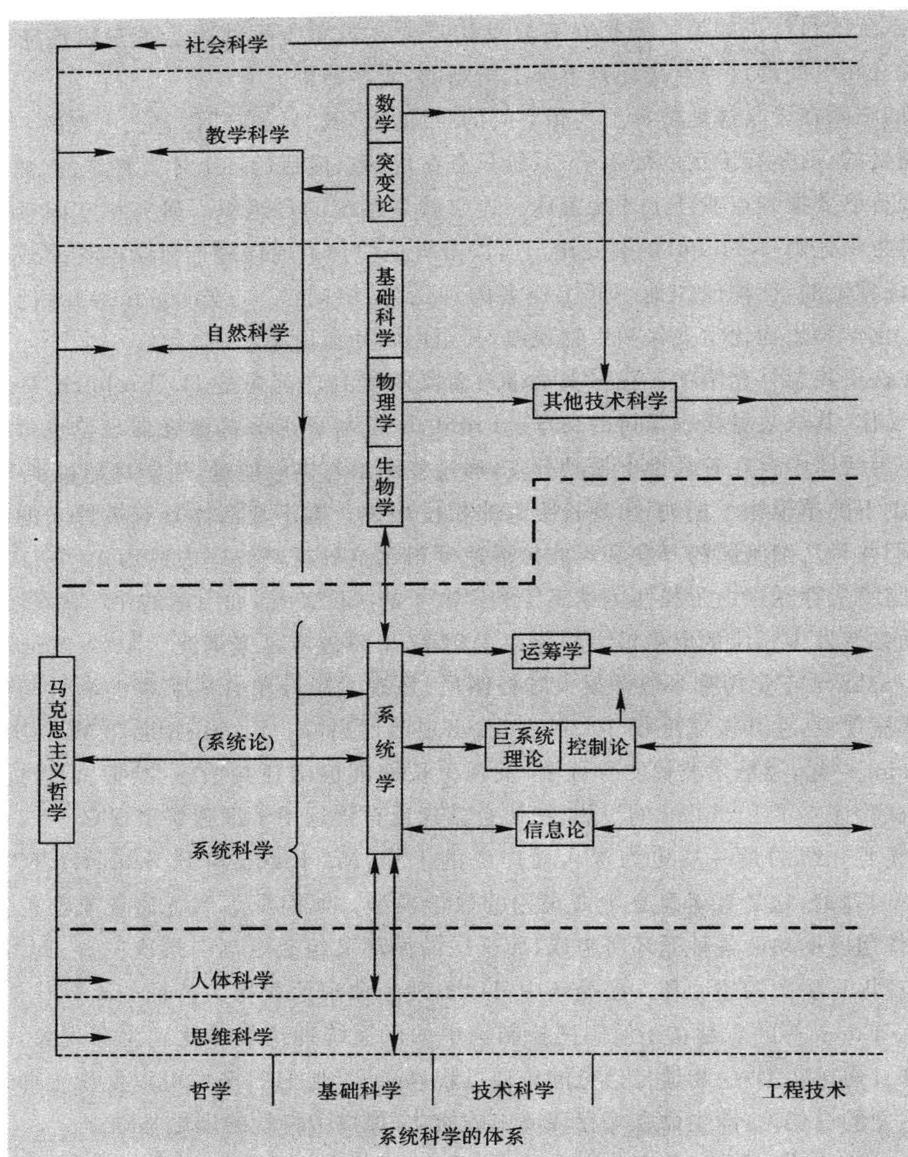
哈肯的贡献在于具体地解释上述相空间的“目的点”或“目的环”是怎么出现的。他的理论阐明，所谓目的，就是在给定的环境中，系统只有在目的点或目的环上才是稳定的，离开了就不稳定，系统自己要拖到点或环上才能罢休。这也就是系统的自组织。研究相空间系统的稳定性，哈肯得力于托姆(RThom)的突变论。所以哈肯是综合了现代理论科学的许多成就才创立了他的系统理论的，他称他和他一起工作者的理论为“协同学”(synergetics)，并把它应用到物理现象、化学和生物化学现象和生物现象，甚至用到社会现象。

(4)在这里我想补充两项在我看来是很有意义的研究。首先是 H. Frohlich 等人于 1967 年开始的工作，其综述见栉田孝司的文章。Frohlich 认为 Haken 的激光器理论也可以用于生命现象，因为活体中存在着纵型电振动分支，通过代谢给它供应能量，当能量超过某一阈值时，形成强激励下的单模相干振动，出现长距离的相位相关。这正是活体具有极惊人的有序性的解释。他们并且从细胞膜的厚度和声波传播速度得出这种振动频率大约为 $10^{11}\sim10^{12}$ 赫。又因活体细胞膜上存在着由于膜两侧钠离子和钾离子的浓度差异，而引起的 10^5 伏/厘米的电场强度，振动必然发生相应的电磁波。根据以上频率，电磁波应是毫米波。A. Z. Smolyanskaya 和 R. IVilenskaya 正是用毫米波照射大肠杆菌后，发现大肠杆菌合成菌素的活性与波长密切相关，有共振现象，在共振宽度仅 10^8 赫左右，出现活性高峰。Frohlich 也和 W. Grundler 和 F. Keilmann 一起，用毫米波辐照酵母菌，发现生长速度也出现共振峰，共振宽度才 10^7 赫左右。这些试验证实了 Frohlich 的设想，把协合学理论直接运用于细胞繁殖现象了。

其次我要介绍的是一项更为深入而广泛的工作：M. Eigen 和 P. Schuster 的“超循环”(hypercycle)理论，这是直接建立生命现象的数学模型。他们观察到生命现象都包含许多由酶的催化作用所推动的各种循环所组成，而基层的循环又组成更高一层次的环，即“超循环”，也可以出现再高层次的超循环。超循环中可以出现生命现象所据为特征的新陈代谢、繁殖和遗传变异。Eigen 等的贡献在于他们把控制论中的巨系统理论具体化到生命现象，提出了结构模型，并且通过实例，生物遗传信息的传递过程，验证了他们的模型可以复现生命现象的特征，为达尔文的进化论，即生命在生存环境中的演化，提供了科学的理论基础。

Frohlich 的工作、Eigen 的工作以及还有其他工作都和 vonBertalanffy，Prigogine 和 Haken 的工作一样，都是自然科学和数学科学的研究，为系统科学的基础科学——系统学，提供了重要的构筑材料。这也没有说完一切可以引用为系统学结构材料的现代科学发展，例如还有与大系统和巨系统有关的一门数学理论，微分动力体系；也还有多维非线性动力体系中出现的与有序化相反的“混沌”(所谓“奇异吸引子”理论)。这都说明系统学的建立工作是一项意义重大而又十分艰巨的科学事业。

系统学的建立也会有助于明确系统的概念，即系统论。国外有些人，如 A. H. Yemob，称作为“一般系统论”的实际是我们这里的系统论。系统论将充实科学技术的方法论，并为马克思主义哲学的深化和发展提供素材。这也就是说人的社会实践汇总、提炼到系统科学的基础科学——系统学，又从系统学通过一座桥梁——系统论，达到人类知识的最高概括——马克思主义哲学。所以系统科学的体系可以表达如图那样，分工程技术、技术科学、基础科学和哲学四个台阶。



系统科学的体系

系统科学体系的建立也必将影响其他现代科学技术的发展。它也将反过来促进比较早建立的科学技术部门,如自然科学和社会科学。这种变革孕育着一场21世纪初的科学新飞跃,即第一讲中说的科学革命。

本文选自《钱学森系统科学思想文集.论系统工程(新世纪版)》.上海交通大学出版社,2007年1月出版。

附录 11

要从整体上考虑并解决问题

我认为，马克思列宁主义、毛泽东思想要求我们从整体上考虑并解决问题。下面就从这个角度讲四个问题。

第一个问题，关于科学技术是第一生产力。中共中央总书记江泽民同志 1989 年 12 月 19 日在全国科学技术奖励大会上讲了科学技术是第一生产力的问题。我想科学技术不是自然而然地就成为生产力，要有一个促使科学技术成为第一生产力的环境，或者用马克思的话说，就是社会形态，也就是我们现在常说的国内环境。现在我们的社会形态距理想实在太远了。我不是说一项一项的具体事情，一项一项的成绩是很大的，但是从整体上说，浪费太厉害了，效率太低了。这实在令人担忧。我们一定要治理整顿，深化改革，而这里最重要的是要从整体上考虑，而不是就个别的问题而言。

再有，跟这个问题有关的一件事，就是赵红州和蒋国华在《科技导报》1990 年第 1 期上提出的科学的帅才。我想我们大约应该有 200 位左右的科技帅才。科技帅才不但要是一个方面的专家，而且要能看到现代科学技术发展的全貌，并且能够联系到经济、政治和社会来考虑问题。要解决好我下面提到的三个问题，都需要科技帅才。第二个问题，要研究如何把人造地球卫星技术用于建立 21 世纪的社会主义中国。要发挥我国卫星技术的优势，但是我觉得这个问题应该从高层次来研究，不能只靠行业的专家们来议论、咨询。行业的专家对自己这一行的知识很渊博，知道别的先进国家过去和现在的情况、经验和成就，也知道我们的差距，因此能提出怎样赶上去的措施和计划。但是，我认为这不是全局。资本主义国家的领导人，在全局的问题上也是不行的，也往往是短期行为，在关系到科学技术的重大决策问题上犯过很多错误，其原因就是没有考虑全局。我觉得在这个问题上，我们首先要考虑到 21 世纪的世界，还要看到下个世纪中叶我们要走好社会主义初级阶段建设。第三步的问题，也要看到 21 世纪后半叶要干的事情。这样，我们才能把问题讲清楚，制订一个最有效的战略和计划。这些事情虽然可能是几十年乃至 100 年以后的事情，但是现在就要考虑了。比如说，从现在到下个世纪中叶以后，假如我们要在世界有竞争能力的话，我认为每个中国人都应该是硕士文化水平。现在我们说的九年制义务教育是不够的。但是我觉得总结我们过去的经验，完全可以提高教育的效率。4 岁就上学，我看经过 14 年到 18 岁，就可以达到硕士水平。比如说数学，过去若干年中国科学院心理研究所刘静和大姐进行了大约上千个实验班的实验。她在小学就开始教数学，很成功，就

是用新的方法。不要看不起小娃娃,小娃娃聪明得很,只要你教得对头,他们的进步是很快的。所以,4 岁上学,18 岁达到硕士水平并不是不可能的事情。当然,还要想到我们的教师队伍等问题怎么办。我想卫星技术可以帮大忙,就是利用电化教育的手段。国家教委副主任朱开轩同志是研究电化教育的。他曾经对我说:“电化教育的潜力大得很。”假设我们用先进的技术,像通讯卫星应用技术,有些现在认为做不到的事情就可以做到。

关于人造卫星技术怎样为 21 世纪社会主义中国的建设服务的问题,我觉得要研究。我建议,要用社会系统工程的方法来研究这个问题。专家的意见要吸收,要很好地听,但是不能只靠专家的意见。要用从定性到定量的综合集成的方法,最后要定量,要有一个飞跃,从整体上考虑问题。这也就是我说的总体设计部的概念。这是第二个问题。

第三个问题,我觉得在有了这样的工作经验之后,我们可以研究几个大问题。比如,科学技术面向 21 世纪的问题;中国现代化的战略问题等。我举几个例子。第一个例子,就是综合开发能源、化工、冶金、建材的问题。把这几个方面联合起来综合考虑,研究这几个方面综合生产的科学技术。对这些方面的建议很多,比如,原来冶金工业部的副部长、总工程师陆达同志最近就有一个建议,认为现在用高炉炼铁再用平炉、转炉炼钢的方法效率太低了。所以提出不用焦炭,叫做熔融还原炼铁的新技术。江泽民总书记到太原去看过的,李双良创造的钢渣利用也很了不起,他联系到建筑材料等,发挥了多种效能。我们把这些看到的东西,还有许多外国已经进行的一些实验加以总结。还要站得更高一点,把能源、化工、冶金、建材综合起来统一考虑,我想这是 21 世纪的一个发展方向。

第二个例子,开发地下矿藏,现在多半是人要下矿井。从安全、效率等方面考虑,这恐怕不是最先进的方法。虽然多少世纪以来我们祖先就是这么干的,但是从今天的科学技术考虑,恐怕要另外找出更安全、效率更高的办法。有的同志也许会说,人不下去当然行了,可以让机器人下去。但是我觉得,这恐怕还不是最有效的办法。我在前年到大庆市去学习,给了我很大启发。大庆采油的科学技术是可以推广的。结合过去已经有过的、很简单的方法,像地下食盐,用打井、灌水的方法把盐提上来,这个很简单。美国人也做过地下的取硫磺矿,打井下去,用热水注下,把硫磺化了,提上来。像大庆石油这套开发技术,他们把地下的事情摸得很清楚,然后用物理、化学的方法把石油抽上来,人可以不下去。石油可以这样办,我想其他的矿产也可以这样办。苏联在 20 世纪 50 年代做了很多煤在地下气化的工作,这些都是可以考虑的。我们要研究这个技术,现在就要研究。因为刚才说的这些事情都不是一说就能做到的,还要做大量的工作,要一点点摸索,做试验。这个工作一旦做成了,就会使我们整个的生产技术大为改观。

我再举一个例子,就是地理科学这个概念。这个问题实际上竺可桢这位老前辈早就提过。地理不完全是自然科学,地理是自然科学和社会科学的结合,要考虑社会建设的环境,这就是地理科学的任务。他当时说是地理学,我这里改成地理科学的任务。我们国家要建设,怎样改进生产和生活的环境,这就是地理科学的任务。我提出以后,曾经请教我国的地理学专家们,中国科学院和国家计委的地理研究所原所长黄秉维同志就很赞成。我觉得 21 世纪的世界,是整个集体化了的世界,所以从东亚西太平洋到欧洲大陆桥的问题恐怕就提上来了。从东亚到西欧的大陆桥是要经过我国的。我们应该考虑如何建设这个大陆桥,也就是港口、铁路等。这也是地理科学的一个问题,或者说是我们国家的地理建设的问题。

第四个问题,提到理论的高度去看,就是科学方法问题。这是一个基础性问题。上面讲的这些具体要研究的科学技术问题,可以说都是非常复杂的。我们搞系统学的人,把它称为开放

的复杂巨系统。这里有个特点，就是这些系统不能用近代科学都习惯于用的还原论的方法，即培根的科学研究哲学。这个方法是把一个问题进行分解，如果觉得还太大，再分解，一点一点地分解下去，直到问题获得解决。这个方法是可以解决一些问题的。对于认识客观世界的许多深层次的问题，是需要这样解决的。但是像刚才说的那些问题，那么复杂，你把它一分解，要紧的东西都跑了，没有了。现在世界各国也慢慢认识到这个问题。他们也提出所谓复杂性问题，但是我看他们的理论并不高明，因为他们没有马克思主义哲学。他们一说，就说复杂性怎样认识？结果就要人来认识，弄来弄去，就是强调人的主观作用；强调来强调去，就把不以人的意志为转移的客观存在这个物质给丢了。所以，我们现在有一些人叫实践唯物主义，但我看还是坚持辩证唯物主义为好。当然，还有另一个极端，认为复杂也可以分析嘛！用分析的方法也可以把这个系统搞出来嘛！这样认识以后，就向这个方面去努力，结果认为自己已经抓住了整个世界的复杂性，因而有所谓宇宙全息论。这是什么意思呢？是说好像已经抓住了整个世界这么一个复杂结构的道理，因此只需要推论就可以了。这也不对呀！这跟黑格尔的绝对精神一样，成了客观唯心主义了。人认识客观世界是一个无穷无尽的过程。客观世界是不以人的意志为转移的客观存在。人是要通过实践来逐步认识这个客观世界的。复杂性的问题在这一点上就特别突出，任何人通过实践得到的认识是不全面的；要尽量地把许多人的认识综合起来，把它形成一个整体的东西。这一步是毛泽东同志所说的：从感性认识提高到理性认识。但是，即便到了理性认识以后，认识过程并没有完，还要去实践，再来进一步的修改原来的认识。这是一个没完没了的过程。所以我们应该用开放的复杂巨系统的观点，用从定性到定量的综合集成方法来研究整体性的问题。刚才说的地理系统就是这样。地理系统不是现在很时髦的生态系统，比生态系统还要复杂。生态系统只讲了自然环境。其实人在里面已经影响了生态环境，已经把自然环境改造了。人要考虑的是，怎样改造自然环境，使之更适合于人类的生存。所以地理系统就是一个非常复杂的系统。社会也是非常复杂的，社会系统当然是非常复杂的系统。

在科学技术内部，也有一个非常复杂的问题：人本身就复杂得很。为什么会有人体特异功能，说不通呀！但是他有。这就不是一个简单问题，还要研究嘛！还有，最近我跟物理学家陈能宽同志研究过，现在常温核聚变或称"冷聚变"吵得一塌糊涂；对此我们也做了实验，是有的。这也是一件怪事。我说所有这些怪事，只要出现一次，出现第二次，出现几次，就一定要研究。"见怪不怪，其怪自败"，你得研究这个问题。不能因为它怪，就把它否定了，根本不去考虑它了。这些，我觉得从理论上说就是因为它复杂，它超出了我们简单的认识所能理解的范围。

所以复杂性的问题，现在要特别地重视。因为我们讲国家的建设，社会的建设，都是复杂的问题。再说人这个问题不搞清楚，医疗卫生怎么解决？所以我觉得，我们现在要重视复杂性的问题。而且我们要看到解决这些问题，科学技术就将会有一个很大很大的发展。我们要跳出从几个世纪以前开始的一些科学研究方法的局限性。我们既反对唯心主义，也反对机械唯物论。我们是辩证唯物主义者。在这方面，我们是居于优势，千万不要妄自菲薄。实际上，毛泽东思想的核心部分就是从整体上来认识问题，把握住它的要害。我想这也可以说是我们党这么多年来领导中国人民进行革命所积累的经验。也可以说，中国革命所取得的这样一个巨大的成绩确实是了不起的。我们这些经验，经过老一代革命家的总结，集中成为毛泽东思想，这就是我们最宝贵的财富。而这样一个哲学思想恰恰正是指导我们研究复杂问题所必需的。

本文原载 1980 年 12 月 31 日《人民日报》。

附录 12

用科学方法绘制国民经济现代化的蓝图

(一)社会工程的对象和任务

我国进行四个现代化建设,应当运用现代化的科学方法。社会工程就是组织和管理社会主义建设的技术,是当代经济工作的一种新的科学方法。社会工程的对象不是一个工厂、一个企业、一个机构,不是指“小范围”、“小系统”这些微观经济运动,而是整个社会,整个国家范围的经济,即宏观经济运动。社会工程的任务是:

1. 设计出一个好、快、省的全国长远规划和短期计划,提供党和国家领导审查;
2. 在规划执行中根据实际情况,在不断出现的不平衡中,积极组织新的相对的平衡;
3. 根据计划执行情况和政治、经济、科学技术的新发展,提出调整计划的意见;
4. 总结实践经验,向党和国家领导提出改善生产关系、上层建筑和各种制度的建议。

总之,社会工程的任务在当前就是为我国实现四个现代化。

(二)社会工程是从系统工程发展起来的,是社会系统工程

什么是系统?系统的概念,在国外有些人把它说得很神奇,好像是 20 世纪 40 年代以后才出现的一个概念。辩证唯物主义认为,客观世界都是系统。一个企业是一个系统,一个部门如工业、农业也是一个系统,一个新产品、一个电力网等等也是一种系统。辩证唯物主义所阐明的物质世界的普遍联系及其整体思想,也就是系统思想。系统,即由相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体,而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。工程,就是实干,就是用我们掌握了的客观规律去改造客观世界。系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有“系统”都具有普遍意义的科学方法。不论是复杂工程,还是大企业以及国家的各部门,都可以看作一个体系。如国家机关的行政办公叫行政系统工程,科学技术研究工作的组织管理叫科学研究系统工程,一种新产品的总体设计叫工程系统工程,打仗的组织指挥叫军事系统工程等等。系统工程在办事过程中要运用运筹学,运筹学是系统工程的理论、数学方法。此外,还要运用“系统”自身的学

科，如企业的系统工程要运用生产力经济学，农业的系统工程要运用有关农业的科学技术和农事学。所以，运筹学和系统自身的规律性学问，是系统工程的两个理论基础。

系统工程的产生不是偶然的。正如列宁所说，管理的艺术并不是人们生来就有，而是从经验中得来的。系统工程来源于千百年来人们的生产实践，是点滴经验的总结，是逐步形成的。特别是本世纪以来，现代科学技术活动的规模有了很大扩展，工程技术装置的复杂程度不断提高。例如，美国"阿波罗载人登月计划"，参加的人有42万，要指挥规模如此巨大的社会劳动，靠一个总工程师或总设计师是不可能的。现代化建设的复杂性，迫切需要用最短的时间，最少的人力、物力和投资，最有效地利用最新科学技术成就，来完成大型的科研、建设任务。完成这样的任务，绝不能靠主观"拍脑瓜"，"拍脑瓜"既不可能又太危险，一定要科学地、定量地来处理。而且这样的任务，必然有非常大而又很复杂的计算工作量。电子计算机的出现，把客观需要变成了可能，使系统工程既有了理论又有了工具。系统工程需要有强有力的运算手段，没有电子计算机，搞系统工程就是一句空话。

在我们这样的社会主义国家，把系统工程运用到整个社会主义建设，就是社会系统工程，简称社会工程。它是系统工程范畴的技术，但不只是大系统，而可以称作是"巨系统"，是包括整个社会的宏观经济系统。它不是一个均匀的组织，而是分成内部关系比较紧密的、相对独立的部门，也有隶属分层的结构，所以是一个复杂而又高级的系统。社会工程也因此是比较艰深的一门系统工程，它要用科学方法改造客观世界，组织、计划、规划、管理整个社会主义建设。它综合了100多年来马克思主义社会科学发展的成果，综合了近半个世纪自然科学技术发展的成果，并吸取了近20多年电子计算机发展成果才成立的。社会工程除了需要它的工具理论，即运筹学和控制论以外，更需要依靠社会学、政治经济学、部门经济学和技术经济学等，以及一些有关的新学科，如科学学、未来学。另外，准确及时的情报，大运算能力的计算机是社会工程必不可少的依据和工具。搞社会工程不容易，是真的，但现代科学技术也为社会工程提供了必要的基础，完全可以搞起来。

(三)社会工程的准备工作和主体部分

我国社会工程工作者面临的长远规划任务是，根据党和国家规定的方针政策，利用科学技术的最新成就，设计出一个包括工业、农业、交通运输、通讯、能源、教育、科学技术、文化、人口、国防以及人民生活的宏伟方案，发挥社会主义制度的优越性。要完成这项艰巨任务，先要经过准备工作。

准备工作中，首先要获取确切的情报资料。准确及时的情报资料是社会工程的重要依据，并且直接关系着规划方案的科学性。社会生产、人民生活、生产技术、科学发展等等各方面情报，必须力求准确。要建立一个情报资料库，以便随时检索取出利用。同时，统计和通讯工作必须跟上。我国当前的统计工作很不完备，通讯工作也很落后，这种状况不能再继续下去了。没有科学的统计和现代化的通讯工具，不可能求得准确及时的情报。这方面的建设任务十分繁重，而且需要一定的投资，也可以说是准备工作中的物质建设。

准备工作的另一个方面是资料的分析。第一，要分析出一个我国社会主义经济的综合计算模型，也就是每一种产品，每一项经济活动和其他千百万产品和活动的定量关系。第二，从大量典型和建议中得出改进每一项生产和其他社会活动措施，明确其投资和经济效果。改进

措施也包含生产关系和上层建筑的改善。用现代科学技术的习惯术语，这一方面的工作就叫做为宏观经济建立正确的数学模型，它是一个理论问题，要用控制论的成果。例如在微观经济方面为了充分调动劳动者的主观能动性，而扩大企业的自主权，那在宏观经济方面会不会失去控制？这实际上是控制论中的能控性问题，是可以有理论的。而与这个问题有关的能观测性理论会告诉我们要获取什么样的经济统计数据才能恰当地掌握国家的经济情况。所以准备工作的这一方面是理论建设。

准备工作的又一个方面是思想建设，也就是要宣传社会工程的意义，把人们从习惯的、但陈旧的思想方法中解放出来，认识到使用新的科学方法的必要性和迫切性。这项工作也颇不容易，不可低估它的艰巨性。

社会工程的主体部分是把综合计算模型和改进措施结合起来，在电子计算机上算出一年一年整个社会的经济和其他方面发展情况。这是在电子计算机上进行社会主义建设的模拟试验。只要综合计算模型和改进措施的数据是基本准确的，那么模拟试验的结果也是可信的。还可以变换准备采用的改进措施，算出多种规划方案，以便从中选出一个或几个使国民经济持久地、稳定地高速度发展的最优方案。由于统计数据会有误差，计算模型也可能不太准确，计算的各种数据也不可能是百分之百的准确；同时事物在不断发展变化，政治、经济的各种因素在不断变化，也经常出现新的科学成就；所以在规划执行中，还必须通过计算机进行调整，以求得新的平衡。按照这样程序制订的最优方案，可以更好地把国家、集体、个人的利益结合起来，把长远利益和眼前利益结合起来，也可以避免没有科学根据，用“拍脑瓜”订指标的办法制订经济计划所带来的危害。

(四)关于社会科学工作者与自然科学工作者、工程技术人员的结合，国民经济的总体设计部

自然科学工作者和工程技术工作者进入社会科学领域，和社会科学工作者一道共同解决国民经济中的一些重大问题，是当代经济工作发展的新趋向。例如，有一个联合国支持的，在奥地利维也纳附近的国际应用系统分析研究所(“IIASA”这个名字显出国外有关系统工程名称的混乱，系统分析本身就是应用科学，还冠以“应用”干什么！)，是以美、苏为主，有 17 个国家参加的国际学术性研究所，研究国家、国际和地区性未来发展问题。在 146 名研究人员当中，除了自然科学家、工程技术专家以外，有经济学家 31 人，其他社会科学家 12 人，环境生态专家 14 人(1977 年底的情况)。

从以上这个研究机构的组成可以看出，我们搞社会工程，不能只靠工程技术人员，而是要我们的社会科学工作者和自然科学工作者、工程技术人员携起手来，共同发展和从事这项工作，共同为现代化事业做出贡献。这也说明不能把社会科学排除在现代科学技术这个概念之外。社会科学同自然科学、工程技术一样，是科学技术的一个不可缺少的组成部分。马克思主义哲学，就是社会科学和自然科学的高度概括。社会科学家、自然科学家、工程技术专家要结合起来，互学所长，互补所短，开展大协作，建立和开展系统工程的各方面工作，创立和发展系统工程的各方面理论。要造就一大批系统工程师、系统设计师、社会工程师、社会设计师。现在，有的大专院校已经设置了系统工程系科和研究所，中国科学院最近成立了系统科学研究所，人的培养工作已经初步开始，要认真搞下去。今后，有必要调整对社会科学人才的教育工作。社会科学工作者应该具备一定的自然科学和工程技术知识，以便在他们的工作中更好地

运用现代科学技术的新成果。

在经济建设中运用社会工程，必须有运用它的机构，必须成立国民经济总体设计部。国家计委可以把经济研究所扩大成这样的部门，这是比较适当的。最近，已经有少数同志用系统工程的方法研究和计算社会经济问题。如七机部宋健等同志研究和计算了我国人口问题，深受从事人口工作同志的欢迎。国家计委也有人用系统工程方法研究国民经济问题。这是一个良好的开端，也说明系统工程方法是有用的。现在需要把力量组织起来，让社会工程在社会主义建设中起更大的作用。

我国是社会主义国家，社会主义制度的优越性使我们能够有计划、按比例发展国民经济。为实现我们共同的远大目标——国民经济现代化，有必要，而且经过一定努力，也有可能比资本主义国家更好地运用现代化方法——社会工程的方法，解决国民经济中的一些重大问题，使我们的经济工作能够更好地按照经济规律办事，按照自然规律办事。这本身就是社会主义建设中一个重大项目；重大，因为它不是一件容易办的事；重大，更因为它能大大提高我国社会主义建设的经济效果，在长期计划中，搞好搞坏，差额不是十几亿、几十亿，而是几百亿、几千亿元。我们应该不畏艰难险阻，而为发展社会工程做出努力。

本文原载《未来与发展》1981 年第 3 期。

附录 13

研究社会主义建设的大战略、创立社会主义现代化建设的科学

(一)什么叫"大战略"

我的理解是:所谓大战略就是国家整体的规划、计划的一个总的设想,特别是研究我们应该重点抓什么。现在,党中央已经明确今后直到 21 世纪中叶的路线、方针、政策,即:对内搞活,对外开放,独立自主,和平共处,还有一国两制;第一阶段到 2000 年工农业总产值要比 1980 年翻两番;第二阶段到 21 世纪再用 20 年的时间,到 2021 年建党 100 周年,把我国建成为社会主义的具有中等发达水平的国家;第三阶段再用 30 年时间,或说 2049 年,到我们建国 100 周年的时候,达到世界的先进水平。这就是中央已经明确的,一直到 21 世纪中叶的路线、方针,政策。所以,所谓社会主义建设的大战略,就是实现中央这个决策的战略,是总的而不是局部的、部门的战略。所以这里讲的就是要强调整体性、全局性和系统性。

(二)社会形态与社会革命

首先当然要强调用马克思列宁主义的观点,用马克思主义哲学的观点考虑大战略的问题。所以第一个要讲的问题就是社会形态与社会革命。社会形态的学说是马克思主义的一个创造。在黑龙江出版的《求是学刊》去年第六期上,张奎良同志有一篇文章里面谈到,社会形态是对一定历史时期的经济制度、政治制度和思想文化体系的总称,它是一定的生产力水平的生产力和生产关系与经济基础和上层建筑的具体的、历史的统一。既然如此,我把人认识客观世界的飞跃叫做科学革命,人改造客观世界技术的飞跃叫技术革命,那么,科学革命和技术革命相对于社会形态而言,还属于基础性质的东西,而不是社会形态本身的问题。因为,认识客观世界和改造客观世界的技术还都属于生产力这个范畴。那么,社会形态和社会革命的关系是:社会形态的飞跃才是社会革命。

社会形态这个概念,又可分为三个方面来看。

第一,从经济的方面来看就是经济的社会形态。关于这个问题党校出版的《理论月刊》1984 年第八期上有一篇卢俊忠同志的文章讲这个问题。在马克思《资本论》第一卷原序中,德文是明明白白地讲了"经济的社会形态"。"社会形态"的德语是 gesellschaftsformation,"经济

的”是“okonomische”马克思用的是“okonomische gesellschaftsformation”，所以就是“经济的社会形态”。但是后来译成俄文时就出了乱子了，变成了“社会经济的形态”。这样，在译成中文时就产生了分歧，现在的《马恩全集》第 23 卷里译成了六个字，很含糊，叫“社会经济形态”。老版的《资本论》，原来郭大力同志、王亚南同志的译本，倒是基本正确的，用的是“经济社会形态”。现在，这个概念应恢复马克思本来的意思，是从经济的方面来看社会形态；不是什么社会的经济形态。经济的社会形态可以出现飞跃，也就是急剧的变化，这就产生革命。经济的社会形态的飞跃就是产业革命。

刚才引了张奎良同志对社会形态的定义，他说有经济和经济制度这方面的社会形态，即经济的社会形态，还有政治制度方面的，那么，那就是政治的社会形态，政治的社会形态的飞跃就是政治革命。社会形态的另外一个组成部分是思想文化体系，我想可以把它们叫做意识的社会形态。意识的社会形态的飞跃我觉得可以叫做文化革命，这当然不是我们以前说的“文化大革命”了。产业革命、政治革命和文化革命都是社会形态的飞跃，都是社会革命。我觉得这样来看问题现在有一些概念就可以澄清了。譬如，邓小平同志多次讲我们现在进行的这场改革是一场革命，去年 12 月 31 日《世界经济导报》有一个报道，中间引了胡耀邦同志一句话，他说“改革是一场深刻的社会革命”。如果不用刚才所说的概念，小平同志、耀邦同志的这些话就不好理解。还有，我们现在也称苏联为社会主义国家，这是因为苏联的政治的社会形态是社会主义的，也就是国体是社会主义的，但是苏联还侵略阿富汗，它的社会形态又不完全是社会主义的。这也说明我们把社会形态从三个侧面来考察是有必要的，我们需要区别整个社会的飞跃的变化。

用这样的观点来看产业革命，来考察革命和我们现在社会主义建设的关系，就要问，在人类历史上有过多少次产业革命呢？我认为第一次产业革命是人摆脱了从自然界搜集食品，或者采集，或是打猎，而转入到农牧业生产。这大概是 1 万年以前的事了。第二次产业革命是商品生产的出现，即人不光为自己个人的消费而生产，还为交换而生产。这大概出现在 3000 年以前，还处于奴隶社会。我认为经典著作中讲的，也是我们大家习惯讲的产业革命是第三次产业革命，那是 18 世纪末在英国开始的由大工业生产引起的。在 19 世纪末 20 世纪初，也就是列宁的《帝国主义是资本主义的最高阶段》书中描述的情况，生产变成国际的规模了，这是第四次产业革命。当前，20 世纪 80 年代的信息社会确实在引起一场新的产业革命，那就是第五次产业革命。我预计到 21 世纪还会有一次产业革命，那就是把农业、林业，包括牧业这些利用日光来生产的行业，变成高度知识密集型的产业。这将引起很大的变化，可以作为第六次产业革命。这样，我从“经济的社会形态的飞跃是产业革命”这个概念出发，得出产业革命在人类历史上已经出现和将要可能出现的次数不是这六次。当然也不会限于六次产业革命，发展是没有止境的。

以上讲的是世界的情况，那么，我们中国又是怎样一个情况呢？对中国来说，第一次产业革命和第二次产业革命在我们历史上也是那样的，但是后来由于我们有长期的封建社会，然后又是 100 多年的半封建半殖民地的社会，所以，第三次产业革命在我们国家推迟了，我们国家真正的第三产业革命，工业化大生产，恐怕是建国初年才开始的。英国在 18 世纪末就开始搞的产业革命，我们搞晚了，而且中间还有曲折。所以，现在到了 20 世纪 80 年代，我们要把第四次产业革命、第五次产业革命一起来抓，还要为第六次产业革命做准备。如果说是从现在(到)21 世纪，那就是第四、第五、第六次产业革命一起抓了，就要通盘地考察。所以，大约一直到建国 100 周年，21 世纪中叶，我国社会主义建设的任务就是贯彻执行党中央的方针、路线和政策，继续改革完善我们的社会主义政治制度；进行第四、第五、第六次产业革命。也就是说在这段时间中，我们要完

成的第一个任务是改革完善我们的社会主义政治制度，第二个任务就是要进行第四、第五、第六次产业革命，第三个任务就是要极大地提高我们社会主义的物质文明和精神文明。假如我们完成了这三项任务，那时我们才能说我们真正进入了高水平的社会主义社会形态了。

(三)展望 21 世纪的世界

我们建设社会主义的大战略要考虑到建党 100 周年和建国 100 周年，所以要展望 21 世纪的世界。这就首先要知道，世界的今天。

今天的世界是个什么样子？在这个问题上，我以为可以从战争与和平的问题讲起。大家可以参看《解放军报》今年 8 月 6 日一版彭迪同志的文章。彭迪同志讲的一个重要观点是：核武器的发展在改变着人们关于战争问题的许多传统概念。在人类自原始公社进步到阶级社会以来，战争就没有断过。著名的德国军事理论家克劳塞维茨指出："战争是政治通过另一种手段的继续。"这是很委婉的说法，说白了，一切统治阶级发动的战争都是为了打胜了可以取得他用和平手段不能取得的物质财富或创造物质财富的人力、物力，这种战争就是掠夺，是占有。但自从 40 年前科学技术的进步创造出核弹(原子弹、氢弹)，破坏力成亿倍地增长。现在两个对峙着的超级大国，苏联和美国，各自都拥有一万到两万个核弹头和核弹，每一方都可以不但摧毁对方的一切物质财富和大部分创造物质财富的人力物力，而且可以摧毁几遍，不止一遍；也能摧毁他们俩之外的一切世界！这就是说，发动核大战的任何一方所能得到的不是什么物质财富或创造物质财富的人力物力，而是一无所获，连自己的一切也摧毁了。这不是从根本上否定了传统概念的战争了吗？

不打核大战，另一种战争，帝国主义者向不发达国家发动的侵略战争呢？这类战争有出路吗？试看历史，从过去可以知道现在，从现在可以知道将来嘛。中国 20 世纪 40 年代在中国共产党领导发动的人民战争取得了抗日战争的胜利；又在 50 年代初抗美援朝，同英雄的朝鲜人民一起，打败了美帝国主义；60 年代越南人民打败了美帝国主义的侵越战争。这都是人民战争和反侵略战争的辉煌战果。现在还在进行的柬埔寨三方爱国力量的反越侵略战争和阿富汗人民反苏侵略战争也必将以侵略者的彻底失败而告终。所以本世纪以来的历史已宣告了发动侵略战争者必然要在被侵略国家发动的人民战争面前失败。所以侵略不发达国家的战争也不是出路。

至于第三世界国家，他们要建设自己的国家，当然要和平，不要战争。

这不是事实迫使人们改变战争的传统概念吗？

再就武器装备与军事设施费用的增长速度来看，两个超级大国也有难以为继的忧虑。美国每年的军费已将突破 3000 亿美元，苏联也不相上下，两国军费开支已在国民生产总值的 10%以上至 20%。我曾估算，由于现代化装备的技术要求很高，其单价比起第二次世界大战结束时同类装备的单价往往上长了 100 多倍；其中当然有通货膨胀的因素，但国民生产总值要 40 年长 100 倍，年增长率就得是 12.2%，而实际不论苏联还是美国都远未达到这样的增长率。因此军备竞赛对两国国家财政的压力已越来越难以承受，也都想把步调放慢一些。所以苏联和美国的控制军备的谈判，虽然矛盾很大，难有突破性的成果，但还是断断续续地谈判下去，谈比不谈更有利。

另一方面，世界各国人民反对战争的呼声越来越高。第三世界各国急需建设自己的国家，需要和平环境，当然反对战争。这就占了世界人口的 3/4。第二世界国家也不希望战争，争取和平。就是两个超级大国的人民也是不要打仗的。因此总起来看，世界上虽仍然有战争的因

素，决不能忽视，但和平的因素的增长超过了战争的因素的增长。在国际竞争中，战争这一古老手段究竟还能用多久，已是一个需要认真研究的问题了。

正是在这种情况下，各先进国家都在想新的出路，在研究如何才能在21世纪的世界上立于不败之地。第一个在此做出明确表示的是日本。在1981年10月的一次在日本开的国际性电子计算机会议上，日本宣布要搞所谓第五代计算机，“新一代计算机”，具有人脑智能的电子仪器。实际上是把电子计算机从计算机上升到智能机，从计算到智能。如果实现了，的确是科学技术发展中的一次飞跃，就如18世纪末到19世纪初的机械化，20世纪初出现的自动化飞跃一样。从机械化到自动化，对生产力发展的作用大家很清楚。而现在计算机对生产力发展的作用大家也是清楚的，那么智能机的出现将使生产力的发展在今天先进水平的基础上再跨一大步，达到一个全新的水平。日本是说了就做的，从1982年4月就组成研制第五代计算机的力量，1987年10月在东京又开了一次国际性计算机会议，宣布了三年来的工作成果和进一步工作的计划。日本的这一创新，不在于智能机的技术基础，即所谓人工智能的先进，实际上日本并不先进，而在于指出技术发展的新方向——智能机。所以尽管在四年前世界对此反映并不强烈，而到去年的会议上，已成为世界所瞩目的科技界大事了。这还不是日本突出“高技术”的全部，还有其他项如生物工程等。这就是日本提出的口号：“科技立国。”

1983年3月23日美国总统里根向美国全国宣布了所谓“战略防御倡议”，美国的新闻记者们同里根开玩笑，把它庸俗化了，用了一部电影影片的名字，“星球大战”，称之为里根的星球大战计划。这个倡议是要花近20年时间研制，搞出一套武器系统，能把苏联在一次核大战向美国发射的近万枚核弹头，全部打掉，战斗只有几分钟到半小时。用什么手段呢？用人造卫星，地面激光发射站，天上的反射镜，天上的X激光发射站，天上的粒子束发射站，打进入大气层核弹头的、由地面发射的撞击式弹，和电子化侦察指挥系统等。这是军备竞赛的又一次升级，只研制阶段就要花几百亿美元，更不要说部署这个庞大的全球性武器系统。美国国内也有不少人反对，说苏联有那么多核弹头，就是你里根的战略防御体系能99%有效，但漏进1%，美国也就完了。但里根和美国政府美国议会还是在执行这个计划，似乎不顾一切地在干下去。所以国际上许多评论家都认为美国的这个计划，是“一箭多雕”的策略，既可以用来与苏联争夺军事优势，又能刺激国内高技术的发展，而高技术的发展又为美国在21世纪争霸世界奠定基础。而这后一点又是“科技立国论”。

美国是善于利用外国科技力量为它自己服务的。在40年代初搞原子弹的时候就用了英国的科学家，但这些“客卿”也知道，核心的东西他们是不能过问的。有了这个教训，这次美国又动员西欧各国科技界来参加他的“星球大战计划”，反应就不那么积极。法国总统密特朗抓住这个情况，在1988年4月19日由法国大使向英国外交大臣提出：西欧各国联合起来，自己搞高技术的和平利用，开发新的材料、微电子技术、超大规模集成电路、激光技术、粒子束技术、人工智能、巨型计算机和生物工程等；并名之为“尤里卡”（与希腊语“有办法了”谐音）计划。现在西欧各国已同意搞“尤里卡”计划，今后要制订具体工作计划。其实西欧国家前几年已发现科学技术落后的危险，也知道限于国力，每个国家单独搞技术困难很多，所以已经开始了国际合作搞科研，如在英国建了西欧联合热核聚变反应器等。这次是受了日本和美国的冲击，扩大和加强这种高技术开发的国际合作。

至于苏联，国际观察家们也指出：在与美争霸中，过去更多地放在地区争夺，抢地盘上；现在则把重点放在经济、科技和军事的实力较量上。当然，经济和军事的实力基础在于科学技

术，所以苏联也走到以科技争霸于世界这条道路上来了。

从以上谈到的情况可以看出，当今世界发展的趋势是：打热战，特别是打核大战作为国际争夺的手段越来越受限制，和平的力量在增长，而科学技术的重要性越来越突出，因此在下个世纪是“科技立国”的世纪。不是动武的热战，是动“文”的“科技战”。科技发展要靠人，人的智力，所以21世纪又是“智力战”的世纪。这个思想应该是我们研究如何完成我国社会主义现代化建设，也就是研究社会主义建设大战略的一个出发点。

（四）认识客观世界改造客观世界

为什么说“科技战”、“智力战”只是研究大战略问题的出发点，而不是问题的核心和归宿呢？原因是这种提法还没有概括到马克思列宁主义的高度，没有用马克思主义哲学来看问题。所谓科学技术的能力，所谓智力，其实就是按照我们的主观能动性去改造客观世界。但能否成功，又依赖于我们是否正确地认识了客观世界自身的规律性。认识了，才能利用客观世界的规律去按我们的愿望改造它。不认识，认识得不正确，就不能成功；认识得不全面，只部分正确，也不能完全成功；这都是教训。要总结经验，提高我们的认识。所以说21世纪立国之本是“科技战”和“智力战”是不够明确的，也不够全面，应该说在下一个世纪，由于人类历史已经发展到国际间竞赛空前尖锐的阶段，一个国家要能在世界上站得住，就必须使它的人民、全民的集体，有高度的对客观世界的正确认识，从而具有高度的、以自己的主观能动性去改造客观世界的能力。换句话说，要在21世纪的世界上建设社会主义的强大国家，只靠正确的主观愿望，充沛的工作力量和不懈的努力和劳动是不够的了；这些优良品质都是必要的，但还要有最重要的一项：认识客观世界、改造客观世界的学问。

科学技术是不是认识客观世界改造客观世界的学问？当然是，但认识客观世界、改造客观世界的学问远不止于科学技术。恩格斯在100多年前写过这样一段话描述共产党人的理想：“人们自己的社会行动的规律，这些直到现在都如同异己的、统治着人们的自然规律一样而与人们相对立的规律，那时就将被人们熟练地运用起来，因而将服从他们的统治。人们自己的社会结合一直是作为自然界和历史强加于他们的东西而同他们相对立的，现在则变成他们自己的自由行动了。一直统治着历史的客观的异己力量，现在处于人们自己的控制之下了。只是从这时起，人们才完全自觉地自己创造自己的历史；只是从这时起，由人们使之起作用的社会原因才在主要方面和日益增长的程度上达到他们所预期的结果。这是人类从必然王国进入自由王国的飞跃。”我们现在已经有可能走向这个自由王国，因为我们有马克思列宁主义的正确指导，有了100多年全部科学技术（不只是自然科学和工程技术，不只是那么多少项新的技术革命）的高速发展的丰硕成果。如果现在我们想的还局限于十几项新技术，那我们就要犯目光短浅的错误。

（五）建立一类建设和管理国家的科学

现在我再把问题深入地讲下去。我要讲的第一点是，我们在解决社会主义现代化建设中的问题的时候，能不能、要不要用自然科学方法，特别是定量的数学方法？我以前曾经建议过：社会科学要从社会科学走到社会技术，就是像自然科学走到工程技术一样。应用社会科学，要像工程师设计一个新的建筑一样，科学地设计和改造我们的客观世界。

所谓自然科学的方法，一个很重要的部分，就是数学的方法。在自然科学中，在工程技术中，运用数学的方法，是一件很平常的事情。尽管这些数学方法中，常常语言很深奥，公式也是怪吓人的，似乎有点神奇，其实这只是它的面貌而已。数学，归根结底也无非是高级的掰手指头，数一、二、三、四，当然它是经过了多年的发展，有一套很巧妙的方法。数学用来解决问题，只是一种工具。换句话说，假使你认识某个问题认识错了，它不能把错误的变成正确的；假使你认识某个问题是认识对的，它也同样不会把正确的变成错误的。它无非是一个方法，一种帮助我们分析问题思考问题的工具。在运用数学工具的时候，这一点一定要弄清楚。

但数学又是一个很强有力的工具，非常有用的工具。强有力、非常有用是什么意思呢？意思就是能够帮助你很快地有效地解决非常复杂的问题。人光凭脑子去想，问题搞得很复杂以后，就不太好办了。但数学不怕复杂，非常复杂的问题一样能有办法处理。这是第二点。

第三点，数学方法可以提高效率。掰手指头能不能算呢？简单的问题当然可以算。大家知道微积分吧？积分就等于把一条曲线画出来，求曲线和坐标轴之间的面积。就这件事，我给大家讲一个故事。在国外，有一位很出名的科学家，得过诺贝尔奖金。有的时候，他碰到一个积分的问题。大概他的数学不是太高明，所以把他给憋住了，他积不出来。怎么办呢？他倒是想通了，所谓积分，无非就是求面积。所以，他干脆把这曲线在方格纸上画出来，然后用数数的办法（就是数方格），看有多少方格。就这样，硬是把这个积分算了出来。这个故事说明，高深的数学无非是一个工具。把你憋急了，你没有这个工具，或者没用上，掰手指头算也可以。但另一方面，也说明数学确实是很有效的。像刚才那个笨办法，既要画曲线，又要数方格，不知要数几个钟头。假使知道这个积分，一积就出来了，一分钟就可以解决问题。所以，这就说明：①数学是一种工具，并不神秘。②确实是一个有效的工具。我想既然如此，那么，在我们的社会科学中，运用数学的方法有什么神秘呢？社会科学所要解决的问题，有些是非常复杂的，完全凭脑子想，就很困难。我们需要一个工具，这就是数学，一种科学定量分析问题的方法。

我常常听同志们说这样一句话，就是自然科学可以在实验室里做实验，在控制的条件下做实验，我们社会科学则不能。社会科学是整个社会的现象，是不能做实验的。好像这一点自然科学和社会科学有所不同。确是有所不同，但这仅仅是一部分。比如说，自然科学里的天文学，也不好做实验。太阳离我们万万公里，你怎么做实验？只有靠观测。天文学是这样，地学怎么样呢？地球恐怕也没办法做实验。那么大的地球怎样做？所以，也并不是说，所有的自然科学技术里面的问题都可以做实验。

在早期的科学研究中，实验就是在严格的控制条件下进行的测量。比如研究气体定律，测定气体定律中的温度、压力、体积三个参数间的关系。在18、19世纪的时候，往往是要把一个量定住，不让它变。比如温度不变，然后来研究压力和体积的关系。等这个关系摸到了，再用另外一个温度值，去重复这样的实验，又得到一个压力和体积的关系。三个量中，固定其中的一个，这就称实验室的控制。当然也可以固定压力或体积（容积），来找温度和体积或压力的关系。今天来研究气体定律就不同了。我们可以选择一定量的气体，变化其中的两个参数，测量第三个参数，并不需要把一个固定住。测定一系列的数据，经过数学的分析处理，就可以得出很精确的规律来。同样，在社会的现象中，也有表征社会现象的许许多多参数，当然是很复杂的。你要把每一个参数测出来，然后再分析它们相互间的效果，你得到的当然是很复杂的一堆数据，但也是可以用数学方法来处理的数据。当然处理的方法要复杂一些，甚至于要用电子计算机。但总还是有办法的，并不是没有办法。这说明了什么呢？这说明，虽然社会科学不能像自然科学那样，做各种各样的实验，但也没有把现代人难住。我们可以像在自然科学中那样，

用现代科学的方法来处理、研究社会科学的问题，其中包括定量的数学分析的方法。

在这里，我讲一点历史。

我们现在的电流强度单位叫安培，是为纪念19世纪法国科学家安培(A. M. Ampere)的，他对自然科学做过很大的贡献。1845年，他发表了一篇长文，叫《关于科学的哲学的论述》。文章建议，可以建立一系列政府管理方面的科学或学问：外交可以建立外交事务管理的科学，法治可以建立法治管理的科学，行政可以建立行政管理的科学……；这是140多年前他的一个设想。20世纪50年代初，我还没有回到祖国的时候，发现了这篇东西，我和我在学校工作的同事笑话他。他说，政府管理的学问，恐怕不能建立像自然科学那样严密的科学。我那时想，像你们美国政府，你们那些政客们，官僚们，都是不说真话的，讲的是一套，干的又是一套。你们那些政客们都是骗人的。骗人的东西，怎么能建立科学呢？科学是老老实实的学问，骗人的科学是没有的！所以，当时我笑他，安培的设想是很高尚的，可惜是空的。但安培的理想，在社会主义国家，尤其在我们社会主义的中国是可以实现的。这是因为我们是讲科学的，是不搞鬼的。那么，这就是我开头说的今天我要讲的研究和创立社会主义现代化建设的科学。我认为有了社会主义现代化建设的科学，我们就可以避免犯错误，或者用我从前在这里说过的话，要逐步从必然王国走向自由王国。特别我觉得，我们在实现十二大提出的全面开创社会主义建设新局面这个任务时更应该考虑这一严肃的现实的问题。我们应当努力向这个方向去做工作，逐步建立起社会主义现代化建设所必需的科学。

(六)建设和管理国家的科学是社会系统工程的理论

实现社会主义现代化，需要一门新的系统工程，我们把它叫做社会系统工程或社会工程，是改造社会、建设社会和管理社会的科学。它的一个目的，就是把社会科学和其他科学结合起来。这是一门实际的技术。采用这门技术，就可以设计出社会主义现代化的蓝图，如同现在的工程师们设计一个产品，一项工程一样。指导这门工程技术的科学理论呢，里面有许多像技术科学类型的学问。所谓技术科学，是借用自然科学技术里通用的术语：在自然科学技术里，一个是直接改造客观世界的工程技术，一个是为工程技术提供理论基础的技术科学。技术科学，或者叫应用科学，是有别于基础科学的。它们的层次是从基础科学到技术科学，再到工程技术。我想，进行社会主义现代化建设的各种学问，也应该有一个层次。比如，直接改造客观世界的，叫社会系统工程，这是第一层。为社会工程提供理论依据、理论基础的属于技术科学的性质，是第二层。像我说的社会主义现代化建设的科学，就是技术科学的性质。它为直接绘制我们社会主义现代化建设的蓝图提供科学根据。再上去，就是基础科学的类型了，就是人们熟悉的社会科学方面的学问，这是最高的一层。

为了说清楚这个问题，我把社会主义现代化建设要办的事，暂时划分八个大方面。每一个方面又可以说是一个国家生活中的一种功能。功能这个词，是借自生物科学的。在生物科学里，所谓生物功能协调，那就是发育正常，欣欣向荣。功能不正常，不协调，那就异常，陷入病态。我们常说，经济发展要良性循环，不要恶性循环。这个良性循环就是功能正常，恶性循环就是功能失常。所以我把国家生活的八个方面又叫八个方面的功能。

第一功能：物质财富的生产事业

物质财富的生产是国家功能的根本。没有物质财富的生产，人民无法生活，其他一切也都

谈不上。因此,它因而也是国家的基础。所以,党的三中全会以来,我们党和国家一直在抓这个问题。随后党的十二大报告,党的十二大文件进一步讲了这个问题。赵紫阳同志在五届人大四次会议作的政府工作报告中,又讲了这个问题。他阐述了国家经济建设的十条方针,总结了建国 30 多年来正反两方面的经验和教训。胡耀邦同志在十二大报告中,概括地讲了这项功能的四个方面的工作。我想,这些得到我们全党、全国各族人民一致拥护的原则,应该成为我们今后相当长的一个时期内物质财富生产事业的方针政策。我们遵循这些方针政策,就能建设起物质财富生产的良好的国家功能结构。当然,我们随着事物的发展和经验的积累,可能还会在具体问题上作一些调整、补充。但总的说来,大局已定,建立物质财富生产的国家功能结构的这个原则是很明确了。

我在这里想提出一个问题,即我们在研究物质财富生产事业这个问题时,要不要研究和解决通过什么样的途径,把全体人民建设社会主义的积极性充分发挥出来?现在常常听到这样的议论:这个没钱干不了了;那个好是好,没钱也干不了,好像没有钱什么也干不了。我们国家的财政收入有限,一年才大约 2000 亿元,但又想办很多的事情,是有困难。但是不是这 2000 亿就把人限制死了,就没有办法了呢?看一看农村发展的形势,就好像没有限制死。最近看到首都钢铁公司的情况。首钢的年产值翻两番,可以不要国家投资,不增加能源的消耗。这好像也打破了刚才说的钱,即投资的限制。我看根本的问题是发挥人的智慧、人创造物质财富和精神财富的积极性。在我们社会主义国家,我们的政府,我们的党就是要把大家的聪明才智和能力都发挥出来;钱,毕竟是一个人为的因素。人为的因素,就可以人为地打破它。这是不是我们的经济学家当前要研究的大问题?我看是一个大问题,一个实际的问题。

第二个功能:社会主义精神财富创造事业

如果说,物质财富的生产是对应于社会主义的物质文明。那么社会主义精神文明对应的就是精神财富的创造。在这里,精神财富这个词,恐怕也要加上一个限制词,是社会主义的精神财富。精神财富是属于上层建筑的;所以,它的内容有的是有阶级性的。

那么,什么是社会主义精神财富的创造事业呢?既然我们把它看成国家的一个功能,那就有必要研究清楚。比如说,自然科学技术,或者我们常常说的科学技术的研究,应是属于精神财富创造事业的。社会科学要照我现在的说法,还要说社会科学技术的研究,也是属于社会主义精神财富创造事业的。文学艺术的创作、书刊、报纸、编辑、出版、印刷业、电影业、广播电视业、教育事业、体育事业,以至于资料情报事业,还有图书馆、展览馆,这些都应该是社会主义精神财富的创造事业。

社会主义精神文明和社会主义物质文明一定要同时建立,这是我党十二大报告当中明确的一个非常重要的问题。过去,我们把刚才说的这些内容,统统归在“科教文”这个口袋里。而且认为这个“科教文”,好像就是一个消费的,不创造什么财富。像我这样的人,从事科学研究工作的,大概也是消费的吧!否则,你干什么了?创造什么财富了?现在我们明确了。不是这样的。这是非常重要的一个方面。社会主义精神财富的创造事业,有它的特殊地位和重要性,这在党的十二大报告中已经讲得很明确了。我们为什么把它放到这样高的位置?我看是不是有这样一个原因:我们这个国家不是靠命令、靠强制去要求人民遵循社会主义道德,而是靠人民自觉地按照社会主义的道德指导自己的行动。这首先是可能的。因为我们是社会主义国家,社会主义是人民的自觉需要。其次是必要的,因为我们的制度是各种社会制度中最民主的。大家是自觉的,不是强制的。

要做到高度的社会主义精神文明，首要条件是要有高度的自觉性。这就要求我们的人民有高度的教养。什么是教养？那不外乎是有知识。比如说，要有历史方面的知识。我们不是有的时候一些青年的信仰出了问题吗？说资本主义怎么怎么好……后来，我们在大学里教了近代史，问题解决了。我曾到清华大学去问学生，我说，你们现在怎样？他们说，现在我们解决了。我说，怎么解决的？他们说，"我们学了近代史。从前不知道，还嚷嚷要试试资本主义；学了近代史，知道我们试过了，不行。"这不解决问题了吗！所以要想有高度的社会主义精神文明，非要有知识，即有教养不可。还有我们责怪青年中间有时候不太正常的欣赏文艺的倾向，其实，根本问题是他们不知道什么是好的文艺，什么是坏的文艺。所以，要通过教育来提高他们的欣赏能力。

这里无非是举了几个简单例子，就说明了要建设高度的社会主义精神文明，确实要有两个方面。一个是思想建设，一个是文化建设。不能仅注重思想建设，忽视文化建设。文化建设也是很重要的。这个认识需要我们做很多的宣传工作，使大家认识到建设社会主义精神文明的重要性，认识社会主义精神财富创造事业的重要性。

解决了认识，我还觉得要真正地深入到这个问题里面去，还有许多问题要研究。比如，在我们国家，党是领导一切的，党怎样正确地来领导这个事业？再说一点我的本行。在自然科学研究工作中，我们就存在一个问题，即究竟是基础研究重要，还是应用研究重要？基础研究和应用研究相应的比例究竟是什么？我们在这个问题上已经摇摆过多次了。我觉得这个问题，要下决心搞清楚。第一，开宗明义，明确我们国家的自然科学技术是一定要为社会主义建设服务的。这是因为，我们国家的一切都是为现阶段的任务——社会主义建设服务的。所以，自然科学技术也当然是这样。第二，同时也要尊重自然科学技术本身发展的规律，也就是尊重科学，不能蛮干。我们以前干过蠢事。大炼钢铁，把锅都打碎了。我认为，科学技术就像文学艺术一样，文学艺术一定要为社会主义建设服务，但社会主义文学艺术不直接等于政治。那么，自然科学技术也一定要为社会主义建设服务，但自然科学技术也不直接就等于建设。这个意思就是科学技术的发展有它自己一定的规律。前年赵紫阳同志在科学技术奖励大会上的讲话也指出来，我们虽然要我们的科技工作更多地去参与攻关，建设我们的社会主义；但对于基础研究，我们还是要重视。这就说出了一个很重要的道理，就是基础研究如果完全没有，那么将来科学技术的发展必定要受到影响。因此，我的说法就是，一是要明确自然科学技术是为社会主义建设服务的，二是要尊重科学技术本身的发展规律。科学技术的发展，它本身还有一个应用和基础的关系，这是我们研究整个社会主义精神财富创造事业时要很好搞清楚的。

明确了以上两个问题，紧接着还有一个问题。我们是社会主义国家，我们的一切是党领导的。因此，我们的科学技术发展必须要用马克思主义的哲学来指导。这一点不能动摇，而且我们还要加强宣传。我个人有个体验：过去，我曾经给科技人员宣传这一点，劝他们一定要学一点马克思主义的哲学。但对我的反应常常是很客气地点点头，实际上是没有说服他。还有一个同志，他做了很多工作，也很有成绩，我对他也很尊敬。我劝他学一点哲学，他反应很冷淡。意思大概就是：你看，我没有学哲学，我也干得不错嘛！我看了他的反应，我就说，你没有学哲学，你干得不错，但你没想到，你要再学一点哲学，你干得更好！我想这一点我们还是要做宣传。因为这是一个真理。道理是很简单的。既然马克思主义哲学是所有人类认识客观世界的最高的概括，最高的学问，最一般的规律，因而它当然可以指导科学研究，包括自然科学的研究。我可以举很多例子来说明，也可以引经据典。比如，恩格斯就讲过："伟大的科学家，渺小的哲学家"，等等。但说这个，不免有点挖苦了！

科学技术必须要有马克思主义哲学的指导，这是问题的一方面。另一方面，我们又要看到

科学技术的发展反过来，又为马克思主义哲学的深入和发展提供素材，这同样也很重要。因为马克思主义哲学不是教条，不是一成不变的，而是发展的，有生命的。怎样发展的呢？就是靠后来人的社会实践来发展。自然科学技术是人的社会实践的一个重要方面。自然科学技术的发展，必然也会为发展马克思主义的哲学提供素材。这一点是很重要，也是很有教训的。我们强调这一点，是因为我们曾经办过一些不太好的事，就是我们喜欢把科学技术新的发展拿来套经典（如某些哲学工作者）。他套了以后，认为套不上，就批，就反对一气，批这个科学技术新的发展方向。比如大家所熟悉的，我们国家就批过摩尔根的遗传学，批得很厉害！还有，我是1955年回到祖国的，那个时候，我什么也不懂，根本不知道1955年苏联在批控制论，所以我还在讲我的控制论。幸好这次没有批多久，记得1956年我到苏联去，好像这阵风已经过去了，所以我没挨上。实践证明，这又是批错了的。我们还批过量子化学里的共振论，这个就更有意思了。因为量子化学里这个共振论的提倡者是美国科学家鲍林（L. Pauling）。鲍林是有开明进步思想的。20世纪50年代初的美国，出了一个参议员麦卡锡，是专门打人，抓共产党的。他抓来抓去，抓到鲍林教授那里去了。鲍林教授倒有个挡箭牌。他说，“你抓我，说我是共产党，你看，共产党还在批我的理论呢！我怎么是共产党呀？”

所以，这些问题都说明我们对于自然科学的新的发展，它到底是对？还是不对？应该采取很慎重的态度。

我们一定要强调、要宣传马克思主义哲学对科学技术的指导作用。这个工作要做得好一点，就会使得我们有更多的科学技术人员学马克思主义哲学，运用马克思主义哲学，这对于我们国家的科学技术发展将会有很大的促进。而且这个是强有力的，是我们国家之所长。另一方面，我们也要注意从自然科学新的发展和工程技术新的发展中间吸取素材，深化和发展马克思主义哲学本身。这是我讲的第二个大部分，即精神财富的创造。

第三个功能：社会主义的服务事业

为物质财富的生产和精神财富的创造做后勤保障工作的是服务事业。这个大致相当于国外的所谓“第三产业”；但是也不相同。我们的服务事业不包括归入到社会主义精神财富创造事业中的那些方面。包括什么呢？是商业，公共事业，像供水、供电、供气、供热；交通事业，像铁路、公路、水路、民用航空、邮电、通信；人民生活方面，像城市建设、卫生、医疗、住房、饮食业、修理业和其他的服务行业。现在我们对于服务事业的重要性的认识正在提高，逐步地认识到它是我们整个国家功能结构体系里面的后勤部门。没有它，其他的功能就无法发挥。比如说：能源问题，交通问题。

我们开始重视服务事业，随后就可能提出一个问题，根据国外的统计资料，在发达的国家里，服务行业就业的人数达就业总人数的一半以上，像美国这些国家甚至达60%以上。同志们会感到怎么会那么多？不好理解。是不是这些人都不生产，都在那儿服务？当然在资本主义国家所谓的服务事业里，有一些在我们社会主义国家是不提倡的。但是我觉得这里也有一个认识的问题。一方面我们要看到在现代社会当中，交通运输、能源供应、邮电、通信等的重要性。这是我们100年前所不能想像的。另一方面我们也要看到，本来我们的生活劳动，像家务操作，是不计算到国家的劳动就业里面的。虽然没有把这一项算到国家的劳动就业里面，可是人家在家里干呐！我想大概有三分之一以上的人口是在干这件事。随着社会的发展，家务劳动会逐步地更有效地被组织起来，走向社会化，这样就列入了国家的就业劳动。社会化了以后，效率提高了，从前要用三分之一以上的人干，现在可能只要一半，那也要占到人口的六分之

一，再加上其他的服务行业，按整个就业人口的比例算，那整个服务行业就占整个就业人数的三分之二，这就完全可以理解了。很可能将来的服务事业是就业人数最多的一个功能，是国家功能结构体系里面的一个大头。这是一个趋势，是社会发展必然带来的一个趋势，我们要注意到这样一个趋势，否则会措手不及的。

我曾经在几次讨论当中提出过注意重视通信事业的重要性。在现代化社会功能当中，信息、情报的交换是很重要的，它的重要性首先是表现在量大，其次是要求快速准确。这在我自己的工作实践中，在国防尖端技术的试验中，已经体会到了。大型试验的组织指挥、调度和信息交换是今后现代化通信的一个缩影，将来恐怕各个方面都该是这样。正因为这样，现代化的通信才不断地向大容量、远距离、高可靠的直接传递技术发展：从多路载波电缆到微波中继发展到同步通信卫星，现在更先进的激光通信已进入了实用阶段。对这些我们要倍加注意，否则将来跟不上，就要拖其他方面的后腿。

我们社会主义国家的服务事业，其根本任务就是要对我们国家的每一个公民的生、老、病、死负全责。这一点特别重要，它是不同于资本主义国家的。而且要研究处理的问题是更复杂，我们国家现在还比较穷，我们的社会生产还比较落后。所以，陈云同志讲，第一要吃饭，不能吃得太差，但是也不能吃得太好；第二要建设。这个话讲得很精辟很透彻。但是就因为这样，我们就要在可能的范围内精打细算，用科学的方法把服务事业组织好，少花钱多办事，还要提高我们的工作效率。提高效率就要打破"铁饭碗"、人才的"单位所有制"，这方面可以做的工作还很多很多。这就是第三个方面的国家功能，我们要真正下功夫来研究它。

第四个功能：国家和各级行政管理机构

我们建国已经30多年了，有很丰富的经验，也有沉痛的教训。目前我们国家的体制还是有弊病的，这些弊病已经充分地暴露出来了。对于这些弊病大家也是认识得比较清楚的。现在我们党和国家正在着手进行改革、整顿，到本世纪末，我们都要进行这项工作。现在我们已经重视，已经下了决心；但是在进行这项工作的时候，也要考虑到：

国家机构，一方面要不断地改进，即随着国家事业的发展，是要调整，要演变的，但是也要有一定的稳定性。倘若我们的机构年年变，你的工作就很难适应，就使得我们无所适从了。老在变，怎么做工作？但是也不能够一成不变。我们现在讨论体制的时候，也常常听有的同志说，多少年前或者是建国初年那个时候怎么不错。这似乎是一种怀旧思想。是有一个时期我们挺好，大家也觉得好，我们想往那个时期，这是可以理解的。但是毕竟80年代跟50年代是不一样了，我们80年代的中国怎么能和50年代的中国一样呢？所以行政机构的体制也应该随着社会主义建设的进展而做相应的调整，也要随着经验的积累和改进工作的效率而调整。是不是几年搞一次小的调整，更长一点时间搞一次大的调整？这样，在国家的功能机构中，是不是要有一个常设的国家体制的研究设计单位，像总体设计部似的，经常研究这个问题，并且及时地提出建议和方案？

第五个功能：社会主义的法制体系

这个体系包括法律、立法机构和执法机构，各级公安部门、检察院、法院。他的重要性不必多说了。但是我觉得在我们这样一个国家，对于法治的重要性好像还需要做大量的宣传，在引起全体人民的重视和提高认识的时候，我们不要忘了我们有2000多年的封建社会，100多年的半封建半殖民地社会这么一个情况。在奴隶社会里，什么叫法？法完全是奴隶主个人的意

志，生、杀大权都在他那里；到了封建社会，情况有些变化，有了法典。但是那时候皇帝老子还是“金口玉言”，他说了算。有一句话：王子犯法，庶民同罪。恐怕那也是骗人的。封建体制当中，各级官僚也有一定的生、杀权力，也就是说他们“批示”就算数。后来资产阶级出来了，他们推翻了封建制，他们宣扬民主，号召法治，说大家都要依法守法，以法律为准绳。这么说，那当然是大大地向前走了一步。但是我们也知道，在资本主义国家法制是不完善的，它首先是为资产阶级政治服务的。比如说：他们公开称道德和法律是两回事，互不相干，可以互相背离。比如说道德，他们也认为投机取巧是不道德的，但是法律并不取缔这些行为，投机取巧，买空卖空都是合法的。资本主义国家的法律为资本家干坏事留了很多空子，有许多漏洞，好让资本家雇佣的律师们利用它来为剥削行为辩护。

所以，我同意张友渔同志的意见。他在《法学研究》1981 年第 5 期上表示了这么个意见。他说：我们要在马克思主义哲学的指导下，用历史唯物主义这个锐利武器，认真开展法制史的研究，区别哪些法制遗产可以继承，哪些法制遗产要批判，为建立社会主义的法制打下基础，这完全是对的。既然作为一门科学，我觉得就有这么一个问题：就是我们社会主义的法，应该是老老实实的，是为建设我们的社会主义服务的。我们不能像资本主义国家那样，法律故意留了许多漏洞让资本家去钻。我们的法要有一个完整的体系，这个系统最高的层次，首先可能是国家的宪法。其次，我们党是一个执政党，党章自然也是一个根本大法，是第二个大法。由此而下，下面一个层次，是全国各部门通用的刑法、民法、经济法、婚姻法等等；再下一个层次是一个部门的法规，像专利法等等；再下一个层次，是部门的法令以及其他更下层次的法令、条例、命令等等。这样一个体系，就是要完备，不能够有漏洞，不允许任何人钻空子，而且最好没有交叉。有了交叉，到底依靠什么来执行，就有矛盾了。交叉就是有矛盾。怎么样来检查我们法制系统的完备性呢？将来在我们的法逐渐地完备起来以后，就是一个问题。现在就有一些不同部门的法令、条例或者命令有交叉，有的同志说：按照严的办，哪个厉害就按哪个办！这也不一定。怎么避免这种情况？在执法的实践当中来考验，固然很重要，但是这样考验的时间可能会嫌长一些。我考虑是否还有另外一个办法，这就是设想出各种各样人的行为或者叫典型事例或者叫典型案件，看一看用我们法的系统能不能够得到合乎社会主义法学原则的处理。如果不能，这个法的系统就不够完备，就发现问题了。要检查整个法的系统，用这个办法，用典型事例，典型案件，也许要成千上万件或者上百万件，你才可能搞全了。我们要是人工的一件一件的对照检查，这个工作量大极了，而且太慢。这样我们很自然地想到电子计算机。因为这完全是一个逻辑的处理，这个逻辑处理完全可以编成程序（即软件）输入到电子计算机里去，计算机按程序高速度地来完成这项检查工作，这不是把现代科学技术用到法制上去了吗？这个全过程，是否就是法制的系统工程。这就是说，这第五个方面的功能完全可以科学地来处理，而且要运用现代的科学技术。比如用电子计算机，用信息库等。

第六个功能：国际交往事务

这个问题的原则在十二大的报告中有一大章详尽的阐述。对外交往，有多方面的。除了政治方面的，还有经济的、贸易的、科学技术的、文化的；有友好访问、旅游，等等。这些国际事务的各方面是互相联系，交织在一起的。我国的国际交往总的是由党和国家直接掌握的，是通盘考虑的，这是我们社会主义制度优越性的又一个体现。但是实际上，我们各个部门中间还有一个协同的问题。我们在这方面还应该大大地加强组织管理，提高工作效率避免互相脱节。比如引进技术，我们就有协同不好的问题。常常外交是外交，科学技术是科学技术，引进是引进，互相不协

调，相互脱节。我们社会主义国家要全面地考虑国际交往。我觉得我们现在实际上好像还没有完全做到，部门与部门之间还不是一个协同的体系。怎么样把这些复杂的事务协同起来呢？这要有一个专门的机构，负责搞好各方面的协同，而且要引用系统工程和系统分析的方法。

第七个功能：国防事业

它包括军队，即陆军、海军、空军、兵种，国防科学技术的研究机构，国防工业和军队院校。这些都是由中央军事委员会直接领导的。建国以来，我国的人民军队在保卫祖国和社会主义建设中建立了不朽的功勋，这些都将继续发扬光大。在国防现代化中，正规化的，革命化的人民军队是要发挥更大作用的。

第八个功能：国家的环境管理

它包括生态平衡、环境保护、地质、气象、地震、海洋以及废旧物资的回收利用。资本主义工业发达国家的教训和我们自己30年来的经验，使大家对环境问题开始重视了。国家颁布了环境保护法，成立了城市建设环境保护部。许多同志还进一步提出了要把国家的生态系统引入到良性的平衡，大大增加森林覆盖面积，制止水土流失，从而保证农业生产的基本条件。不少同志还强调：必须严格控制工业的废水、废气、废渣对环境的污染，不然人民的健康要受到威胁。我国有960万平方公里的陆地和附近的海域，还有下面几公里的地壳，上至几十公里的大气层，对它们应该有一个充分的了解和认识。有了对环境的了解和有关知识，还要用它来调整我们改造客观世界的指导思想。这方面我们一定要吸取世界各国的经验教训，结合我们自己的实践，用马克思列宁主义、毛泽东思想来制定我国的环境政策。我觉得这里还有这样一个问题，怎么看待废旧物资，或者叫废水、废气、废渣？据统计，我国在1981年全国供销系统一共回收了废旧物资1130万吨，价值19亿元。而且这也仅是占工农业总产值的2.8%。具体资源按品种的回收率还没有统计。但是我们粗略做一比较就可以看出远远不如国外一些国家所达到的数字。比如联邦德国，回收锡，回收率就达到46%，铅达到45%，纸达到45%，铜达到40%，钢达到35%到40%，铝达到25%至30%，锌达到20%至25%，玻璃达到15%。我们对于回收废旧物资和三废处理，要提高认识。你不要只把眼睛盯在“废”字上，你要把它看成是资源，而且这个资源是不要去开采，是送上门来的。已经到了手的东西不要扔！这个问题从前我们也多次说过要重视，但是我们恐怕是消极的方面想得多了一点，积极的方面想得少了一点。老是这样，把废的东西都扔掉，实际上是浪费了国家的资源。此外，扔了以后，它还造成祸害，污染环境。类似这些方面还有很多很多工作要做。比如：城市垃圾，想办法搞成城市沼气，不就成了能源了吗？总之，环境管理非常重要，工作也很复杂、艰巨，是一项复杂的系统工程技术——环境系统工程技术。

上面我讲了国家功能的八个方面，也就是我们要研究和创立社会主义现代化建设的科学，这门学问中所要研究的八个方面的主要内容。

国家功能的八个方面，每一个方面都是一个复杂的多级系统，都要建立各自的系统工程；同时，也要创立相应的理论科学作为他们的基础。下面就讲讲这方面的问题。

（七）社会主义国家科学的体系

物质财富的生产事业要联系到工农业生产的系统工程，企业的系统工程。它的理论科学

是经济学，或叫技术经济学。精神财富的创造事业，就是管理文化的系统工程，它的理论基础，我提了一个名词，叫文化学。服务事业是生产服务的系统工程，我们要创立一门专门研究服务事业的学问。行政管理有行政的系统工程，包括刚才讲的，有许多咨询机构，这里的学问是不是也可以创造一门理论科学叫行政学呢？法制事业是非常重要的，刚才讲了怎么样检查整个法制的严密性，这叫法制系统工程，当然它的理论就是法学。国际事务的交往是不是也要作为一项系统工程来看，也要建立一门综合的科学，不光是外交，是多方面的，国际事务方面的学问。至于国防事业，现在我们也在考虑，叫军事系统工程，它的理论科学就是军事科学。国家环境管理叫环境的系统工程，它的理论科学叫环境科学。其实我讲的这八个方面，也不见得把事情都讲全了，比如非常重要的计划生育的问题，到底属于我刚才讲的八个方面的哪个方面？再有我们的思想建设，思想政治工作，也是一门科学。既然是一门科学那就要作为一门科学来研究。这也是一个大的学问，也是社会主义现代化建设中的科学。所以刚才我讲了八个方面，恐怕没有讲全，像人口问题，政治思想工作问题，这些都是非常重要的。

社会主义国家科学的体系

<table>
<tr><th>国家</th><th>国家功能部门</th><th colspan="2">组织管理的技术科学</th><th>组织管理的工程技术</th></tr>
<tr><td rowspan="9">社会主义国家学</td><td>1. 物质财富生产</td><td colspan="2">技术经济学
数量经济学
工业经济
农业经济、农事学</td><td>工程系统工程
企业系统工程
……
计量系统工程
标准系统工程</td></tr>
<tr><td>2. 精神财富创造</td><td>教育学
科学学
文艺学
体育学
情报学
新闻学
科普学
美育学</td><td>文化学</td><td>教育系统工程
科研系统工程
文艺系统工程
体育系统工程
情报系统工程
……</td></tr>
<tr><td>3. 服务事业</td><td colspan="2">商学、运输科学等</td><td>各有关系统工程</td></tr>
<tr><td>4. 行政</td><td colspan="2">行政学</td><td>行政系统工程</td></tr>
<tr><td>5. 法制</td><td colspan="2">法学</td><td>法制系统工程</td></tr>
<tr><td>6. 国际交往</td><td colspan="2">外交学
国际经济</td><td>……</td></tr>
<tr><td>7. 国防</td><td colspan="2">军事学术</td><td>军事技术、军事系统工程</td></tr>
<tr><td>8. 环境保护</td><td colspan="2">环境科学
……</td><td>环境保护系统工程
……</td></tr>
<tr><td>9. 其他</td><td colspan="2">……</td><td>……</td></tr>
</table>

（表还不完备，还有许多空白待填补）

每个方面不能孤立地开展工作，而且要协调起来。组织协调得好，国家功能所发挥的总的效率才会高。不然的话，会有矛盾。这样一门组织协调国家功能各个方面的总学问，是不是叫社会主义国家学？我们社会主义国家要科学地来管理，这就是一个很大的科学体系，是把社会科学、自然科学综合起来，应用到建设社会主义现代化的国家中去。这是要大家努力去干的一件很大的事情。

每一个方面的功能都要建立像系统工程技术那样的为改造客观世界的一套技术，然后又有这一套技术背后的，为它提供理论根据的技术科学，这些技术科学再总起来作为社会主义的国家学。这个体系就是我们社会主义现代化建设的科学（见表）。这样的提法，总的意见就是说我们面临了这么一个重大任务，我们一定要用马克思列宁主义、毛泽东思想作指导，采用科学的方法，努力从必然王国走到自由王国。我们相信这是可以做到的。因为世界上只有没有被人所认识的事物，而没有不可以认识的事物。我们认识到一定的程度，就可以总结上升为理性认识，成为学问，成为用定量的数学方法所建立起来的科学的学问。那么建立社会主义现代化国家这个问题也必然是这样，也可以建立科学的学问。

（八）参谋科学技术与领导的科学和艺术

前面这张表，尽管还不完备，还有许多空白等着填补，但已经包括了几十门学科。是不是每一个从事国家管理的领导干部都要精通这几十门学问呢？当然不是的，这不但由于一个人的精力、时间有限，不大可能办到，我只是想向同志们提供这样一个信息：今后50、60年我们国家将经历一个史无前例的高速发展时期，作为国家的各级负责领导，将面临一个极为复杂而又关键的决策任务。决策任务完成得好与不那么好，是事关重大的。而在这一点上，唯一的途径是领导决策的科学化，力避走弯路。

怎样做到决策科学化？有不少同志喜欢用“领导科学”这个词，好像已经有了一门叫领导科学的学问，只要学了领导科学，按领导科学去决策，就能如同“三加五必然等于八”那样，保证正确。我不同意这种看法。我觉得要明确领导干部是专门人才，但又是通才，领导干部要有丰富的学识，但要有学问又不能是死学问，领导干部还要有领导工作经验。这都是因为领导决策毕竟不是“三加五等于八”之类的事情，有许多不那么清楚而定量的因素要在决策中考虑。所以我认为领导干部真正运用的不完全是领导科学而是领导科学和艺术。是的，要加“艺术”，不可能那么死，要活一点。

所以要培养领导干部实际上是培养通才。通才怎样培养？前面几节已经说到这个问题，我再在这里就培养领导干部讲得具体些，讲六个方面的学习：

第一方面是最根本的，也就是马克思列宁主义毛泽东思想的基本理论，按习惯的提法就是辩证唯物主义、历史唯物主义、科学社会主义和政治经济学。

第二是实际情况的学问。这是介绍我们国家今天的情况和世界今天的情况以及这些情况的历史由来。也就是中国和世界的地理、资源、人口、生产、贸易、军事、文化等各个方面以及中国历史、世界历史。

第三是现代科学技术概况。当然，这里只讲讲一般情况是科普知识。本《讲座》的后面各讲就是介绍这方面情况的。

第四是文学艺术。提出文学艺术作为培养领导干部的课目是必要的吗？我认为是必要

的：毛泽东同志不是一位文学艺术家吗？周恩来同志不也是一位文学艺术家吗？我们党的许多杰出领导人都有很高的文学艺术修养，为什么不想想文学艺术的高度修养对他们的领导才能所起的作用呢？而且我们已经从根本上认为领导才能不只是科学，而且也是艺术，没有文学艺术素养的领导干部，其发展是要受影响的。

第五是军事。我们老一辈的革命家都是在革命战争中打出来的，对军事当然十分熟悉。但是现在我们是在和平环境中培养领导干部，而战争的因素还不能排除，要"居安思危"，要学习军事知识，培养军事素养。

第六是体育。领导干部工作繁重，身体条件好是非常重要的，所以培养领导干部要参加一定的体育训练。

古今中外有许多杰出领导人才成长的记录，从中可以概括出培养领导干部的方法。我上面讲的这六个方面是想包括这些经验，但不知做到了没有？

一位领导干部做出决策，他是主要负责人，但在今天决策的全部工作不应该是他一个人做的。这个做法最早是从军事决策开始的，在军事行动中，辅助指挥员作决策的人称参谋。在我国据说始于汉代，叫"参军"，在西欧则始于 18 世纪的普鲁士王国，就是参谋部。军事参谋业务后来有了很大发展，成为作战指挥的重要组成部分。到了本世纪，这样为领导决策咨询服务的工作已大大扩展，普遍进入了垄断资本主义的大型企业。20 世纪 30 年代美国总统设置了所谓"智囊团"是政府的咨询集体；到了 20 世纪 50 年代美国的咨询服务公司大量涌现，如著名的兰德公司(Rand Co.)就是。这些事实说明要对复杂的事务做出科学的决策，只靠一个领导人是办不到了，他需要一个咨询参谋集体，一个班子。这是个包括多种专业人才的集体，用集体的智慧为领导决策提供咨询服务。这是领导决策科学化所必需的。

近几年来，我们国家的领导机关也已采用了咨询集体的做法，已经建立起一批这种机构。如国务院就有国务院经济技术社会发展中心，国务院国际问题研究中心，国务院经济法规研究中心、国家计委就有经济预测中心、国家科委就有科学技术促进发展研究中心、国防科工委设科学技术委员会等等。我所熟悉的一所"民间"咨询集体是航天工业部信息控制研究所。所谓"民间"，是因为他们接受各方委托咨询业务。这一趋势将会发展下去，领导决策的咨询机构将会更多，其业务所需要的科学技术也会进一步深化。

什么是决策咨询机构所要的科学技术？为回答这个问题，我要介绍一下决策咨询机构的工作，这是大不同于一般所谓在领导人主持下的专家研究讨论座谈会。专家座谈会上，专家们各就自己的专业知识和工作经验，对决策的题目讲一通自己的看法，各有一得之见，也都十分重要，但往往无法形成一个决策。在这种情况下，领导下决心也就不免拍脑瓜，一板定案，搞错了的危险是存在的。这是专家的话形不成科学的答案。而上面讲的咨询机构则不然，他们也要请有经验有专长的专家来发表各自的看法，但咨询机构要把专家的意见进行分析，理出条条，纳入一个数学计算模型，也就是明确参数之间的定量关系。模型还要引用各种调查所得数据，尽量核实的数据，如数据有不确定的幅度，也得标明。然后把模型放到电子计算机里去计算。得出结果后，再把结果告诉原来提供看法的专家们，再次征求专家们的意见。如此反复，直至大家满意；这最后结果就是正式的咨询机构对决策问题的答案。显然，这种咨询机构的工作需要三个方面的协作：一是各位有经验有专长的专家们；二是调查数据的提供单位；三是建立数学模型，进行电子计算机运算分析的人，即系统工程、系统科学的专家集体，包括计算机专家。调查数据大概取自情报信息系统。有经验有专长的专家可能在咨询机构内部，但也常常

要求教于咨询机构之外的专家们。所以科学的咨询业务是靠专业协同来完成的，但必须有个实体，以系统工程、系统科学、计算技术为主体的实体，这个实体就是咨询机构本身。

明白了咨询机构的工作内容，我们也就可以知道咨询业务所需要的科学技术，即社会主义国家学、社会系统工程和电子计算机技术。用它来帮助领导干部制定社会主义建设的国家大战略和部门战略。

从以上说明的情况看，现代化的咨询工作是引用了现代科学技术的最新成果的，现代化的咨询工作是集体智慧所创造的，因而现代化的咨询工作是领导的可靠助手。一位有素养的领导者使用了这种咨询机构所提供的参谋方案，加上自己的领导科学和艺术才能，一定能使他的决策科学化；领导决策的科学化是完全可以做到的。有了领导决策的科学化，我们就能在复杂的高速发展变化的环境中减少失误，从而使我们国家顺利地从第一个阶段走向第二阶段，从第二阶段走向第三阶段，完成到建国100周年的建设社会主义强国的大业！

本文选自《钱学森系统科学思想文库·论系统科学（新世纪版）》. 上海交通大学出版社，2007年1月出版。

附录 14

社会主义建设的总体设计部

同志们要我来讲“吴玉章学术讲座”的第一讲，我感到很光荣，但又感到自己能力有限，困难不少；可是我也想借这个机会来表示我对吴玉章同志的敬意。至于我实际讲得如何，请同志们评价；有不妥当或错误的地方，请同志们指正。

我的讲题是“社会主义建设的总体设计部”。我定了这个题目以后，心里想，我这么说会不会引起误会呀？人们会不会问：还要不要党的领导、国家的领导了？所以我就赶快加了一个副标题，这个副标题就是“党和国家的咨询服务工作单位”。意思是叫总体设计部也没什么了不起的，因为这本身就是一项咨询服务工作。

关于总体设计部是领导的咨询服务工作单位这一点，在我们国家，早就在一个比较小的范围内实践过。什么小的范围呢？就是在研究制造原子弹、氢弹和导弹这项事业中，一开始我们就认清了它的复杂性，必须是在党和国家领导下进行，所以这两项工作，每一项任务都有一个总体设计部，由总设计师、副总设计师领导，总设计师、副总设计师的工作要依靠总体设计部。总设计师最后定下来的方案，总设计师要签字，但仅仅是作为总设计师经过科学的论证和大量的实验提出来的自己的建议，最后，还得由部门的领导拍板定案。同志们可能知道，在那个时候，领导这项工作的是周恩来总理，日常事务由聂荣臻同志负责。他们是领导，我们这些人呢，只是技术咨询服务工作者。但是那个时候，这样一个部门是明确的，称为总体设计部，就是总设计师、副总设计师这么一个体系。这几句话也就是说，我们今天讲社会主义建设的总体设计部不是没有依据的，不是没有实践经验作为基础的。对这个题目，我在过去十多年里，大概也写过三十多篇东西，今天叫我来讲，我就把这几年来写的、想的一些问题总起来讲一讲。

今天的中国和世界以及我们看得到的 21 世纪的发展

首先我向同志们汇报一下：从 1987 年 3 月中旬到 4 月初，我去英国和联邦德国作了一次短期访问，留给我一个很深的印象，就是我们中国还穷。比起他们来，我们穷。可以拿数据说明：我们的广东省跟联邦德国在面积和人口上都差不多，广东省的面积是 21.2 万平方公里，联邦德国面积是 24.9 万平方公里；人口呢？广东省（前几年吧，因为我没有今年的数字）近年的人口数是 6075 万，联邦德国人口是 6143 万。所以，就面积和人口讲，广东省和联邦德国差不

多，区别在哪儿？区别就是国民生产总值。按国民生产总值这个口径来算，那么广东省前几年大概是 300 亿人民币，折合成美元大概是 80 亿美元；而联邦德国是 14000 亿西德马克，折合美元大概是 7600 亿美元。按照这个比例，如果广东省是 1 的话，联邦德国就是 95，也就是说大概联邦德国要比广东省阔 100 倍。再有就是国家来比了，按照世界银行在 1987 年 4 月 6 日公布的 1985 年国民生产总值的数字，你也可算出人均国民生产总值。这样算下来，如果中国是 1 的话，那么意大利是 20；英国是 27；法国是 30；联邦德国是 35；日本是 36；美国是 53(1985 年)。这一点，大家应该记住：中国穷。认识到这个穷是很重要的。因为我们是唯物主义者，物质基础还是基本的问题。当然，不仅仅是物质，还有精神，还有社会制度。所以我在英国的时候就跟英国皇家学会会长 Potter 爵士(他是得"诺贝尔奖金"的化学家)说："我们中国有一点比起你们英国来我们是不能忘记的，那就是我们还穷。"他也说得很好："你们中国我也去过，印度我也去过，你们人民还能生活嘛，不是满街满巷的要饭的。(但)是在印度，却不得了，到处都是乞丐。"他的话是实事求是的。当时我也想了，我不好作为一个中国人向他这位英国爵士宣传共产主义，不大礼貌吧！所以我仅仅说了："您说的这话是对的。"我心里想，大家恐怕也清楚，中国跟印度为什么有这么大的区别？一句话：印度是资本主义，我们是社会主义。所以我想我们千万不要忘记我们是走社会主义道路的，这一点是绝对不能忘记的。所以，我觉得党中央的政策、方针：一要坚持四项基本原则，二要改革、开放、搞活，非常正确，这是真理。我们考虑问题必须从这样一个观点出发，应该用马克思主义哲学，用辩证唯物主义、历史唯物主义来看今天和今天的世界，用历史唯物主义来看社会的变化。

同志们当然知道，社会的变化可以是缓慢的变化，有时前进，有时有错误还倒退一点，而总的是前进的。但是这个前进也不是平稳的，有时候发现变化是飞跃性的、急剧的，用我们的语言叫做革命。社会上的一切事物都有革命的变化。譬如说：在科学方面，从地心说转变到日心说，这是一个科学革命；牛顿力学的出现也是科学革命；到了 20 世纪初，又出现了相对论，出现了量子力学，这都是科学革命。科学革命就是人认识客观世界的飞跃。那么人认识了客观世界，还要改造世界，这就有一个技术问题。技术也是有飞跃的、急剧的变化的，这就叫技术革命。在人类社会历史发展中，也有多次的技术革命。在远古的时候，甚至在还没有科学的时候，也有技术革命。譬如说：人学会了用火，那就是技术革命，现代原子能技术就是一个技术革命。所以说有过多次的技术革命。科学革命和技术革命，这是人认识客观世界和改造客观世界的飞跃，而它必然地影响生产力的发展。我们知道，生产力的发展又引起了社会结构的多方面的变化。要是用马克思的话来讲，这种社会变化叫做社会形态的变化，而社会形态的急剧变化或飞跃就是社会革命。这个变化又可分为三个方面来讲：经济的社会形态的飞跃，这是产业革命；政治的社会形态的飞跃，这是政治革命；意识的社会形态的飞跃，这是文化革命(这是真正的文化革命)。从这样一个观点来看，产业革命也有过多次了，不像从前书本上讲的好像只有在西欧 18 世纪末，19 世纪初的那一次叫产业革命。那一次的产业革命，实际上是大工厂的出现，大工业的出现。但是在人类社会历史上，是有过多次产业革命的。譬如说，人从采集果实、打猎，到人种地、种庄稼、搞畜牧业，人从完全依靠自然变成部分的自己搞生产，这就应该说是一次产业革命。后来在奴隶社会的后期，又出现了商品生产——就是人不光为自己的消费而生产，还为交换生产了，这也应该说是经济的社会形态的一次飞跃发展，这又是一次产业革命。刚才说的农牧业的出现，大概说的是人类历史上一万年前的事情，而商品的出现大概是三千年以前吧。这样说来，西欧 18 世纪末的那一次，实际上是第三次产业革命了。到了上世纪

末,本世纪初,出现了垄断资本主义,实际上按我们现在的话讲,就是横向联合,工厂不是作为独立的单位来生产,而是工厂的集体、企业的集体组织起来进行生产,甚至生产的体系是跨国的。这个现象在资本主义世界当然引起政治方面很多很反动的东西,列宁著名的论断"帝国主义是资本主义的最高阶段"主要是抨击了这一点。列宁在那时恐怕还没有时间顾得上研究经济的社会形态的变化对生产力发展所起的作用。如果我们注意到这一点,本世纪初的那一次就是第四次产业革命,现在所谓的信息社会等等,实际上是第五次产业革命。这样讲,我觉得有一个好处,就是看看我们中国,因为长期在封建制度的控制下,又有一百多年的半封建、半殖民地的历史,生产没有发展起来,我认为其重要原因就是生产、社会管理上的问题,也就是经济体制和政治体制的问题。从前习惯了的一套管理叫微观管理,计划经济已经管到每一个厂里去了。实际上,这是一种很落后的管理方法,完全的微观管理。而今天这么复杂的经济体制,再用微观管理的办法,是不行的。领导人再聪明也管不了。所以,一定要从微观管理转到宏观管理,微观上要搞活,宏观上来控制、调节。

这样的变化必然涉及到政治方面的变化,当然,这个变化是社会主义制度自我完善的过程,不是一个阶级推翻一个阶级的变化。这样来认识现在的政治体制改革,就是政治革命了。有了这些变化,我们就会发现人的思想意识跟不上了。1986 年年底出现了学生闹事,其根本原因就是人的思想认识跟不上时代的发展。在我们国家,许多封建的影响还很显著。像温州,万元户有了钱,怎么花呀?修坟去了。把祖孙三代的坟都修好了。这叫寿坟。坟里面空的,但外面修得很好看。这样干,你说他怎么想的!所以,确实需要在思想认识上来一个大的飞跃,这就是观念的转变。当然一说观念要转变是不是说的有点像"全盘西化"了?我要申明,我所讲的转变是从非马克思列宁主义的观念转变到马克思列宁主义的观念。所以简单地讲一下,就可使我们清楚地认识到我们面临的任务是多么艰巨。

上面还是说历史,假如要说当今世界和今后的发展,就请大家想一想,我们今天的世界跟过去的世界有什么不一样?有没有不一样的地方?当然不一样的地方很多,有没有在关键问题上不一样的?在这个问题上,我想提供一些看法:我认为大家要注意战争问题。关于战争的问题,从前我们国家总是说战争不可避免,所以我们总是准备快打、大打、打核战争,你老念叨着"战争是政治手段的继续"(德国战略理论家 Karl von Clausewitz 语)这句话,说透了,就是和平手段不能解决的问题用战争来解决。当然我们也看到了战争好像从长矛、大刀到枪炮、炸弹,到飞机、军舰、潜艇,最后到核武器、战略核武器,好像愈来愈厉害,好像战争就是越打越厉害。这对不对呢?这也对的,是越打越厉害。到了今天,我们就应该看到另一个特点,就是战争武器发展得越来越厉害,破坏力愈来愈大,大到一个临界点了,什么临界点呢?就是核武器的破坏力,核武器作用的距离都是全球性的,就是打大的核战争的破坏是全球性的,就是没有一个胜利的国家,胜利的国家自己也全部破坏了。在过去几年,在国外也提出一个所谓"核冬天"的概念,就是说要起大的核战争,所产生的烟雾能把太阳遮起来,全球气候的温度就要下降,下降到冬天,就是你没死,也没有吃的了。当然这是不是核冬天,是不是气温真的降到那样低,国外还有争论,因为这不容易计算,全球的气象模型要建立起来也不是很容易的。有的说不是"核冬天",是"核秋天",那核秋天也不行啊,老是秋天,也不长庄稼啊。这是说核大战,但科学技术还会引出新的更厉害的武器。美国在宣扬他搞的所谓"战略防御倡议"(叫 SDI),最近美国有人讲:"你说的是战略防御倡议,光是防御吗?你搞的那些也是可以进攻的,比如说那些强激光炮,要在天上转,还要对准某个城市,光烧就烧坏了,都放火了。"所以美国搞的"战略

防御倡议”,就不光是防御,还有进攻。就是说,把战争搬到天上了,整个空间都是战场,那么这样的战场,请问,还有什么安宁之处?

所以,要打核战争,打大战,也只有美苏两国有资格打了,他们也是用打大战,打核战争来威慑对方的,他们自己真正准备打的仗变了,是打局部战争。这就是美苏战争思想的变迁。美国从第二次大战结束到 1952 年,就是核武器全部研制出来以前这段时期,美国战争的思想是想打常规的世界大战。而从 1945 年—1953 年,苏联也是准备打常规的世界大战。这以后,核武器研制出来了,两家都变了,美国在 1953 年—1960 年准备打全面的核战争;苏联也差不多,稍微晚一点,1954 年—1964 年,他的战争思想也是核战争,但是慢慢就变了。美国从 1961 年—1968 年就变成了打各种类型的战争了,就是核战争、常规战争、大仗、小仗、各种类型;苏联也是从 1965 年—1970 年中期准备打各种类型战争。从 1968 年—1980 年,美国变成了准备打战区目标和局部的战争,大仗他不准备打了,大仗是做样子,吓唬人的威慑力量,真正准备打的是战区的和局部的战争;苏联在 70 年代中期到现在,准备打以核战争为后盾的局部战争,所谓核战争为后盾就是以核战争为威慑的局部战争。美国到 80 年代又明确了一步,他准备打中、低强度战争,特别是低强度战争。以上是从美国和苏联在他们公开发表的文章中看到的战争思想变迁。

从这里我们可以看到:真正打大的核战争,谁也不敢打。我觉得从这个高度来研究战争就很有意思了。原来照马克思主义的原理,任何事物都有发生、发展,然后到衰亡,直至消灭。以前看战争好像不是这样,愈打愈厉害,愈打愈大,现在看,就看出苗头了,Karlvon Clausewitz 那句话也可变成历史了。非战争不能解决的问题也不一定用战争来解决,我觉得这样一个认识是我们应该考虑的。当然这样说并不等于我们不要国防力量了,我们还要国防力量,因为小仗还是要打的,天天在打,我们南方战场不是还在打吗? 我们不能解除武装。我们还要建设一支国防力量,防止中等规模的战争,我们也要加强不要让大仗打起来的力量——世界和平力量。

这样一个情况下,我们来看一看 21 世纪。我们要看到 20 世纪战争趋势还要继续下去,当然除核武器外,还会出现其他问题。譬如说,美国的所谓 SDI 武器,将来科学技术发展,还会有更厉害的武器,但是你要看到越来越厉害的武器反而使世界规模的大战难以打起来,因为破坏力太大,没有战胜国了,这就是我们党中央讲的:“我们看到下世纪,中国还要和全世界爱好和平的力量在一起,我们有可能防止大规模的战争打起来。”这样一个情况是人类历史以前从来没有的。战争没有消灭,还有战争,我们还要建设一定的、足够的、强大的国防力量,这个国防力量不是为了打,而是为了不打,但是得有这个国防力量,不然和平还维持不了。但是世界很可能不发生大的战争,如果照这样发展,世界的一体化就更表现出来了。最近看到一条消息,说现在的世界贸易越来越重要了,世界经济对出口的依赖程度越来越大,世界贸易占世界国民生产的比例在 1962 年是 12%,到 1984 年增加到 22%,这是国与国之间相互依赖的程度在增加。

刚才说过,我们现在还很穷,人家是我们的几十倍,要是我们看将来的 60 年,如果将来 60 年人家还用 1%的年递增速度,60 年后就是现在的 1.83 倍,现在如果差 40 倍,60 年后 40×1.83就变成 73 倍了。1%的年平均递增率很小了,若年平均递增率为 1.5%,60 年就是 2.44 倍,现在的 40 倍,就变成 97.6 倍,那么说到建国 100 周年的 60 年后,我们希望人均国民生产总值 4000 美元,是现在的十几倍,我们增加了十几倍,人家又上去,比起人家来我们还是穷的。

所以，我们说我们到中等发达国家水平，而不敢说到发达国家水平，我们这 60 年要赶的距离是很大的。如果我们搞得很好，可能世界大战打不起来。在这样一个条件下，我们来看一些重要问题：

第一个问题，就是人才与智力问题。现在各国都很注意这个问题，都说 21 世纪是智力战的世纪，我只是说，在这一点上我们中国人并不怕，我们中国人民是聪明的。假如今天一个对一个，我们中国人是可以打胜的，问题不在中国人本身，而在其他，这个问题很重要。刚才讲的温州，有了钱不去发展生产，而去盖坟，这太愚蠢了。但是我们中国人又不是生来就笨的，这类问题一定要解决，而且解决是有希望的。

第二个问题，就是还要强调科学技术的重要性。举个例讲，电子计算机将会影响我们整个经济和社会的活动，对这点我们在 50 年代是估计不足的，但是 30 多年的发展给我们明确地指出来了。电子计算机是今天生产力里面的一个非常重要的组成部分。科学技术的发展，生产的发展，没有电子计算机是难以设想的。但现在请注意，还有一个问题，就是智能机——有智能的电子计算机。现在的计算机已很了不起，但是也没啥。因为现在的电子计算机是最笨的机器了。他只会干你告诉它干的事，你没告诉它的事它不会干。现在讲的智能机，你可以告诉它一个题目，不完全告诉它这个题应该怎么去解决，它自己会解决，这就叫具有一定智力的计算机了。现在各国花很大力气搞的就是这件事情，若造出来那不得了，那对生产力的发展，整个社会组织的变化将是一个很大的推动。还有其他方面的发展，如超导体的工作，原来是液氦的温度，现在提高为液氮的温度，用液氮问题要简单得多，现在还在努力，将来用干冰的温度就行了，那就更方便了。再往后干冰也不要了，在常温下它就是超导，那更了不起了。

以上这些科学技术的发展要千万注意，我也说过，这些发展恐怕会引起再次的技术革命。我以前说了，现在的这一次叫第五次，再一次叫第六次。第六次产业革命最重要的一个方面就是关于利用太阳能来生产的农业类型的知识密集型企业。现在我国真正注意到这方面问题的还只是种庄稼、种棉花。地地道道的农业我们抓得很紧，至于说其他类型的利用太阳能，通过生物的生产，我们重视得还很不够。前几天大兴安岭森林着火，这是很糟糕的事了，损失很大，不过最后也引起我们重视林业。再有一个，是草原与草地的利用，我们也很差。其实中国有 60 亿亩草原、草地，北方的草原有 43 亿亩，南方的草地有 13 亿亩，这些数字要比农田的数字（不到 20 亿亩）多得多。假如光是南方的这些草地利用好的话，我们的畜牧业就可以赶上新西兰。再有一个方面，就是沿海地带发展渔业、海草这些生产，我管它叫"海业"。最后还有就是沙漠也可利用，因为沙漠也不是什么也不长的，我管它叫"沙业"。所以决不只是农业，而是农业、林业、草业、海业和沙业，是五业；而且是知识密集型的企业，现代化的、充分使用了现代科学技术的企业。第六次产业革命就联系到下世纪这些方面的可能发展，这个和生物技术结合起来，它的前途是很远大的。最近看到一条消息：中国科学院水生生物研究所一位副研究员所领导的鱼类基因工程小组，就很成功地改造了鱼类，可大大提高鱼类的生产，这方面的发展前途也是远大的。

另外，我觉得要看到一些由于生产发展了而产生的整个社会的反应，整个社会的文明问题。前不久我们国家曾经公布到 2000 年对农业方面的要求，一个是总产量要提高到 5000 亿公斤，这个我觉得是重要的。所以不但整个科学技术引起的变化我们都要注意，我们还要想想，我们这个国家到下个世纪到底怎么样？刚才说我们才是中等发达国家的水平，人均国民生产总值是 4000 美元，但 4000 美元也很多，有很多问题我们应该考虑一下。不久以前我去旁听一个讨论，是关于

汽车工业发展战略问题的，我就讲了，我们这个10亿人口的国家将来小汽车怎么样啊？美国在40、50年代，小汽车已经多得不得了，当时欧洲国家还骂美国人："你们是傻瓜，小汽车到处跑，建那么多的高速公路，污染。"现在，英国、联邦德国他们也到处是小汽车、高速公路。这是他们。我们怎么样呢？假设我们也那样干起来的话，这可得早作准备，这要多少小汽车，多少高速公路？这样的问题实际上就联系到下个世纪我们的文明建设到底将会怎样的问题。

上面讲了这么多，是想用我所想到的给大家提一提。今天我们国家所处的世界是怎样一个世界，到下个世纪世界又是怎样的一个世界，我们要建设有中国特色的社会主义，这是必须考虑的问题，这将是一个高速发展变化的世界，真是"四海翻腾云水怒，五洲震荡风雷激"！

国家的整体功能以及改革的整体性

从前我提过一个看法，就是国家的功能是一个整体，要全面地讲，大概可把它分为八个方面：

第一方面：物质财富的生产。即我们所说的第一、第二产业。

第二方面：精神财富的创造。包括科技、文教、文艺这些方面，或者叫文化建设。

第三方面：为第一、第二作后盾的后勤服务方面，包括所有的商业、服务业、通信、交通等，在国外叫第三产业。

第四方面：政府行政组织管理。最主要的就是在微观搞活的基础上，政府的行政组织管理是宏观的控制和调节。

第五方面：法制。这方面我们要做的工作很多，建立社会主义法制这是一件很大很大的事情。

第六方面：国际交往。包括国际事务、外交、友好往来、人民团体的往来，也包括国际贸易。国际交往应该是全盘的考虑，不能分散地考虑。

第七方面：国防。刚才已讲，不再说了。

第八方面：我们生活的环境。这个非常重要，这件事现在重视得还很不够(环境保护、三废利用等)。我曾经提出过，我们说环境保护太保守了，现在的科学技术完全有可能为我们创造一个前所未有的好的生活环境，只不过我们没有注意罢了，我们自己给自己搞了一个很糟糕的环境。

总的讲，有以上八个方面，而八个方面又是相互关联的，是一个整体，我们必须认识到，一个国家是一个整体，不可分割。

再就是怎么来管我们这个国家。我刚才也说了，就是要用宏观的方法，不能用微观的方法。对此我曾经在体改委的一次发言中讲了一个科学上的故事，我说：在牛顿力学出来以后，科学家认为宏观无非是物质运动，物质运动的规律现在都已掌握了。牛顿定律好像可以预见所有将来的事情。有这么一件很有趣的事：法国物理学家拉普拉斯写了一本书《天体力学》，写好后，当时拿破仑是皇帝，他就送了一本给拿破仑。拿破仑也不懂力学，但他召见了拉普拉斯，拿破仑问拉普拉斯："你写的这本书里怎么没有上帝？"拉普拉斯回答说："我不需要上帝。"意思是说，力学已经可以预见所有物体的运动，所以我就可以预见世界的发展，用不着什么上帝。那么拉普拉斯的这段话有没有道理？有一点道理，但也不完全。问题在哪里？问题在于拉普拉斯不可能知道所有世界的物质的每一部分的现在位置和现在的速度，比如说，我们这个屋里的空气主要是氧分子和氮分子，那么你在预见今后这个空气整个将来的历史，你必须知道这屋

子里空气的每一个氧分子、氮分子的位置和速度，这可能吗？不可能。因为在这个屋子里空气的每一个氧分子、氮分子有亿亿万万个，数不清。这就像要给国家的每个企业都下指令似的，你们能知道任何一个时间里所有的企业的运转情况吗？等他报告上来已经过时了。所以拉普拉斯的话也不可能实现。后来在物理学中就出来另外一个方面了，就是统计物理学。这是本世纪奥地利物理学家玻耳兹曼提出的。而玻耳兹曼当时搞统计物理学，他的同事责难他：你玻耳兹曼怎么搞的，本来客观世界的因果关系是明确的，你怎么搞了一个统计物理学，把这个因果关系给模糊起来了？玻耳兹曼无言回答，后来他精神失常，自杀了。这个故事，实际上就是说，不是说我不能够知道，而是我实际上做不到。我觉得在社会主义国家里，由于我们的目的是一致的，因此我们可以用微观管理的办法将指令下达到每一个企业，但是问题在于企业的状态不可能每一个瞬间都知道，实际上最后下的指令是糊涂指令。在这样的情况下，与其去微观地下指令，还不如让他自己干，但要在法律规定的范围内去干，这样可以用调节方法来控制市场，现在讲发展计划指导下的商品经济，即微观要放活，宏观要管理。在这样一个指导思想下，我们国家的宏观管理方法就需要改革，过去我们采用的方法有以下几种。

一是经济法。譬如说，我见到什么问题就抓什么，也叫分散处理办法；还有一个，就是抓重点法，认为哪个是重点就抓哪个；还有一个常说的办法叫“摸着石头过河”。我觉得这几个方法面对整个国家这样一个复杂问题，而且又是在急剧变化、发展的社会，要真解决问题恐怕是困难的。我最近讲过：放卫星这是一个很复杂的问题，我们可不能摸着石头过河，就是说，火箭上去了，再测它的位置、速度，等位置、速度测下来，知道它要往哪去了，再看看去的地方对不对，若不对，就再纠正一下，这不就叫摸着石头过河嘛！要是这样干，那卫星不知要放到哪去了。我们是把轨道的可能性都算好了，然后预先设计了控制系统，然后还设计好了万一出现一些不正常的干扰将如何处理的系统。这些都由电子计算机控制，这时才能放卫星。所以我看刚才这几个经验方法恐怕都困难。要说理论方法，现在关于社会主义建设的理论很多，这些理论我认为也都有道理。但我想假设问一下写理论文章的人：“你敢不敢签字，我按你说的理论方法去下决心干，出了问题我可是要问你的。”恐怕他不敢签字。若有一个重大国家建设问题，请了专家来讨论，专家们都会说得很有道理的，并且都有一套方案。但很可能专家们最后几句话是：“这是我的见解，我可不敢保证你按我这个办法去做一定行，不出问题。”另外还有一种常见到的情况，就是介绍某国在某个历史时期是如何办的，好像很成功，那么我们是不是就可以照他的办呢？这恐怕就说不准了。别国在他的具体条件下，在一定的时期内是一个成功的措施，拿到我国行不行？恐怕借鉴外国的办法也没把握。现在我们国家在发展、改革中所出现的问题，而且正如前面所讲的，是高速发展和变化中所出现的问题，使我们感到确实复杂，老办法是不够用了，除了上述的几个方法外还有另外一个方法应该考虑，这是我要介绍的系统工程。

首先要讲一点历史。在第二次世界大战中，开始某一国的统帅部都感到战争的复杂性，当时就找了一些完全不懂战争的人（搞数学，搞理论的人），请他们想一想有没有科学的办法来处理战争，这就是在第二次世界大战中发展起来的“军事运筹学”。这个方法后来很灵，很解决问题。所以在战后就用到公司、企业的经营管理中，就把以前的“科学管理”换成了“管理科学”。管理科学就是将军事运用上的一些数学方法应用到企业的组织管理中，但这也是不容易的。人要认识一个问题是很不容易的，外国人也是这样。举一个例子，就是鼎鼎大名的福特汽车公司的例子。老亨利·福特原来出身于农民家庭，他 16 岁跑到底特律当工人。他很聪明，开始搞汽车成功了，之后他看到社会的需要，就开汽车公司。他只是一个很好的技工，他不懂管理，

所以他开的汽车公司倒闭了，破产了。但老福特很倔强，他不承认失败，第二次组织汽车公司，但他还是不会管理，结果又倒闭了。第三次又组织汽车公司，这次他吸取了前两次的教训，找了一位组织管理专家来当经理，这位专家用了三项措施，第一要进行市场预测，第二要采取流水作业法，第三要建立销售网。这次办起的汽车公司就成了著名的福特汽车公司了。在这个时候，亨利·福特被胜利冲昏了头脑，他以为他不需要这个总经理了，他以为他自己行了，又用他的老的管理办法，结果，在第一次世界大战以后，福特汽车公司又走向下坡路。到了1930年左右，公司又不行了。亨利·福特这才承认自己那一套方法不行了。到了1945年，他让位给他的孙子，他的孙子跟他爷爷不一样了。他是在美国哈佛大学学企业管理的，他接管以后，又请了他的同学帮忙，这样福特汽车公司又上升了，可以和通用汽车公司平起平坐了。但是有意思的是这位后代也被胜利冲昏了头脑，又把他的班子解散了，结果又垮台了。经过这一系列的经验和教训，他们才真正明白，不用现代的管理方法是不行的。大家想想，前后几十年的时间，几次破产，再建，又危机，最后才认识到用科学的管理方法，用系统工程是必要的。所以说利用系统工程的方法来管理，是人类的经验、教训总结出来的。今天外国大的公司都是用系统工程的方法来管理，没有不用这个办法的，并且可以说得很形象，大公司的董事会总在大楼的最高层，而它的咨询机构就紧接在下面一层，大老板靠的就是下面的这一层，关系密切啊。但是我们要问，在资本主义制度下的系统工程方法能不能用到国家管理上呢？可以告诉大家，这不可能，也做不到。因为资本主义国家内各种利益集团在竞争，没有一个共同的目标，所以国家规模的管理不能用科学方法，他们对这个问题的评论，都讲不成功。有的说："专家胡说八道。"有的说："总统所讲的根据某某预测而提出的某某计划都靠不住，那是为了下一次竞选用的，数字都是假的。"这很清楚地说明了一个问题，这些科学方法在资本主义国家是没有法子应用的，它只有在大企业中，在企业内部才可以用；到了国家规模它就不能用了。去年在软科学会上我讲了这个问题，我说，我们相信系统工程、软科学这些方法在我们国家的管理上是可以用的，因为它是科学的方法，它与马克思列宁主义、毛泽东思想完全可以结合起来。同志们要看到外国资本主义国家利用这些方法在管理国家上的失败是必然的，因为他的社会制度是资本主义。这段话是说明在我国完全可以用系统工程这个科学的方法，而且这些科学方法在近半个世纪以来，在更小的范围内如军事作战计划中，企业经营方针的计划中，是成功的。现在我们只是把这些成功的经验用到国家规模，而且这个运用是我们国家——社会主义中国得天独厚的，资本主义国家是不可能用这个方法的，显然是在外国发展起来的一个科学方法，但是我们可以搬来用，与我们的社会主义制度结合起来，与我们的马克思列宁主义、毛泽东思想的理论结合起来。

前年，中央领导同志在全国党的代表会议上就讲过："改革是一项伟大的系统工程。"我觉得这个结论是非常对的。下面我讲一讲具体应该怎么办。

我举一个用系统工程的成功的方法：航天工业部的系统工程中心，在过去几年中，他们给国家做过一些咨询工作，如关于粮油倒挂这个问题，他们做出了一个很具体的分析，给国家提出了建议，这个建议得到国务院的赞赏，下面我说说他们是怎么做这个工作的。

第一条，系统工程的这些科学方法、模型都是定量的方法，但是在国家这些复杂的经济问题面前，怎么才算是建立了正确代表客观实际的模型？在系统工程中，电子计算机里要建立一个模型，就是事物之间的模型，这个模型怎么建才能反映事物之间深刻固有的关系？这要靠经验和学问，这叫定性的分析，所以这个中心的成功就在于他们认识到了这个问题，就是光靠电子计算机专家、系统工程理论专家是不行的，还要有真正的有经验的经济学家来参加。他们把

这一条叫定性、定量相结合。我觉得这样一个做法是符合辩证唯物主义的。

第二条，就是三个方面的力量要协同。哪三个方面呢？定量的方面就是系统计算、系统科学、电子计算机这方面的专家，这是一方面；然后就是要有经验、有知识的经济学方面的专家；第三个方面，数据、资料、情报。他们工作做得有成绩，就在于他们把这三个方面的力量结合起来了。他们利用这些经验对国务院所给的一些咨询课题已经做出了成绩，今天是不是可以考虑把他们这些经验更进一步地扩大、推广到国家的整体设计中？我看可以。

我国在系统科学基础理论上所达到的水平在世界上还是领先的，有了这个理论，有没有计算的工具，这也很重要。我国计算机是在发展两弹工作中搞起来的。今天我国容量最大的运转速度最高的电子计算机，就是所谓的“银河”电子计算机。该机连同它外围设备的水平也是世界上先进的。所以，技术科学的基础我们是具备的，我们做计算机的人还是很有成绩的。另外计算机科学的理论我们也是具备的。

第二个方面就是有经验、有学问的专家，这个我们当然有，在座的就是，还有不在座的。我们多年来搞经济工作和政府工作的专家很多，也包括刚才讲的理论专家，刚才说了让理论专家签字、画押他觉得不好办，但是现在不要签名画押，就请你提意见，提了意见我按你的意思设计出一个模型，算出结果，然后再请你来看看行不行，你若还有意见，我还可以改，改了以后再算，算出结果再报告给你，你还有什么意见，这样不断改，改得你说不出意见来了，所有的专家都说不出意见来了，那就是我们中国最高智慧的结晶了。上面讲的航天工业部系统工程中心这几年工作中所谓三个方面的结合就是这样：他们老是摆出他们的计算结果，向经济各方面的专家征求意见，有了意见就改，改了再征求，这样就可以把全部经验理论知识综合汇总起来。单项的理论成果，单条的经验是很难概括全貌的。但是一点一滴的东西，汇总成一个整体，而这个整体又有因果定量的计算，这个东西就是完整的了。

第三个方面，数据资料问题，这个问题据我所知，不是没有资料、数据，而是资料、数据太分散。航天工业部系统工程中心却走了一条捷径，即：他们的任务是国家体改委给的，拿着体改委的“令箭”能到处打开门，他们成功了；别人要是没有这个“令箭”恐怕不行。所以说，不是资料、数据没有，而是怎样让它起作用，我觉得这是一个很大的问题。我们要明确“信息产业”这个概念，因为资料、数据应该是独立出来的，不能锁在哪个部门，受到部门的限制。今天是迎接信息社会的时代，我们应认识到信息也是商品，信息的要求一是准确，二是及时，这就是信息商品的质量，提供这些高质量商品的当然要取得补偿，这样就可建立信息产业。从国际上看，也是如此。原来这些数据、资料也是束缚在哪个部门或公司的，后来的发展，这些部门都独立出来，成为单独的公司，它就是信息资料公司，它提供的就是信息的、数据的、资料的商品。这是说信息资料的收集、整理是一个信息产业。我们国家却是分散的，虽然资料非常丰富，但还没有组织起来。

另外，我也想到每次人民代表大会，全国政协会议，代表们提了很多意见。我在政协会议简报上看到政协委员的意见，如说：“我提的提案得到重视，正式文件都到了国务院有关部门了，有关部门也研究了，而且给了回音，回音也转到了原提案人。但原提案人说：我看了回答，它是不解决问题的。”我觉得这个问题也不怪谁，因为往往一个提案，意见要落实不仅仅涉及到一个部门，它要涉及到很多部门，其影响也是很多方面。要求一个部门作出回答，很难，更不要说人大代表，政协委员所提的意见，是一得之见。他的意见要放到整个国家来看，怎么样，就很难说了。去年我在政协说：“我们政协委员提的意见都很好，但是恐怕只能作为零金碎玉，不是一个完整的大器。”那怎么办呢？就要把他提的意见、提案作为一种信息储存起来，当考虑到某

个问题时与这个信息有关系，就可从信息库中提取出来，这样我们就真正建立了一个意见信息体系。我想我们社会主义民主是真正的民主，将来我们还不光是人民代表、政协委员提的意见，任何一条人民提的意见我们都要重视。现在往往是有反映，但没法办，等过些日子就忘了。没有集中信息的体系将来在更大范围内考虑，报纸上文章提的意见也都是信息，也要储存到信息库中。我想，这样一个信息体系，那可真是我们社会主义国家的信息产业了。建立这样一个体系，我们刚才说的第三方面的信息资料体系就可搞起来了，这也就是信息产业。

社会主义建设理论的发展和人才的培养

最后，我想，在这样的基础上，有了这样的实践，我们对于社会科学，整个科学的发展将是一个很大的促进。譬如说，许多新的学科就可由这种实践逐步地发展起来，像经济学中除政治经济学外的生产力经济学、金融经济学。像行政方面，现在有许多论述叫行政管理学；我想不用“管理”两字也行，就叫行政学。行政，到底它的规律是什么，有没有规律，应该说在我们刚才所设想的体系中它应当是有规律的。行政学，它还是行政日常事务的学问，即办公室自动化。行政学还有它的理论基础，那就是社会主义的行政理沦，它应该是政治学。至于说精神财富的创造这个领域（刚才我说叫第四产业），新的学说也很多。以前我提过，比如说整个文化工作有文化学，科学有科学学；整个文艺工作作为一种社会活动，它的规律就应该是文艺学的规律。联系到人民行为的就是行为学。国家影响人民的行为，我想有两条：一条是做思想政治工作。做思想教育工作，有一个怎么做的问题，现在成了个大问题。不是说给大学生做思想工作，他就听不进去吗？怎么做思想工作，这是一门学问。再一条就是做了还不听，那只能法治了，用法律来管。这些都是行为科学。所有上面讲这些学问都要用系统科学的理论，即系统学，我们要建立并发展系统学。

我想，这样一个社会主义建设总体设计部的体系也不光是一个工作单位，它还可以附设研究生院，培养人才。总的来讲就是科学技术的大繁荣了。

在结束这一讲的时候，我要说“建设社会主义总体设计部”这个概念，不但是我们现在建设具有中国特色的社会主义所必要的，我认为不这样搞是很困难的，而且我们看到这个途径有办法可以组织各方面力量来搞。这使我又想起恩格斯在 110 年前（1877 年）讲的一段话：“人们自己的社会行动的规律，这些直到现在都如同异己的、统治着人们的自然规律一样而与人们相对立的规律，那时就将被人们熟练地运用起来，因而将服从他们的统治。人们自己的社会结合一直是作为自然界和历史强加于他们的东西而同他们是相对立的，现在则变成他们自己的自由行动了。一直统治着历史的客观的异己的力量，现在处于人们自己的控制之下了。只是从这时起，人们才完全自觉地自己创造自己的历史；只是从这时起，由人们使之起作用的社会原因才在主要的方面和日益增长的程度上达到它们所预期的结果。这是人类从必然王国进入自由王国的飞跃。”再读这段话，我认为这是一个科学的预见。在马列主义、毛泽东思想的指引下，又结合现代科学技术，我们现在已经清楚地看到了实现这个预见的途径了。所以我觉得我们应该有信心，我们看到现在的世界，看到 2000 年的世界，看到 21 世纪的世界。我们有一条路，我们有办法，我们一定会胜利！

本文选自《中国人民大学学报》1985 年第 1 期。

附录 15

创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业

党的十一届三中全会以来，由于政策对头，解放了中国农村中长期受压制的生产力，我国农业大发展，形势日新月异，新生事物层出不穷，从而启示了全国人民，大家都受到鼓舞。我国科学技术工作者也因此受到教育，进而研究发展农业的新概念、新途径，提出农、工、商综合的所谓“十字型”农业，或“飞鸟型”农业，也就是变单一种植业的农业为综合生产的产业体系。在不久前发表的一篇文章中，我把这一概念加以发展，提出要看到21世纪，看到在我国大地上将要出现的知识密集型农业，从而导致整个国家生产体系和生产组织的变革。这当然是一个重大研究课题，所以在这里我想再谈谈这个设想，以求教于同志们。

(一)农业型的知识密集产业

我在这里提出这样一个词，叫农业型的产业。这是什么意思？农业型的产业是指像传统农业那样，以太阳光为直接能源，靠地面上的植物的光合作用来进行产品生产的体系。太阳光是一个强大的能源，在我国的地面上，每平方厘米每年就有120～200大卡的能量，也就是每亩地上每年接受的太阳光能量相当于114～190吨标准煤。农业型的产业就有这个得天独厚的优势。

当然，这里并不是说这些太阳能都能全部为植物所利用而合成产品。限于水和肥料的供应，限于光合作用所必需的二氧化碳在大气中的浓度，限于植物本身的能力，上述巨大太阳光能只有很小一部分转变为植物产品。这个比例不到1%，常常只有1‰。那99%以上的太阳光能到哪里去了呢？还没有立即离开地球，只是释放在空气里，用来升高气温，用来蒸发水汽。风和雨就是这样产生的。所以太阳光能在地球上还转化为风力和水力资源，这当然重要。因为我们在这里讲的农业型产业也要利用风力和水力来发电，用于生产。

就是变成植物产品了，人也不能全部直接利用。就以粮食作物来说，籽实在干产品中还占不到一半，其他60%是秸秆。现在农村缺燃料，往往把作物秸秆当柴烧，肥料和有机质不能还田，是个大损失。

要提高农业的效益，就在于如何充分利用植物光合作用的产品，尽量插入中间环节，利用中间环节的有用产品。例如利用秸秆、树叶、草加工配合成饲料，有了饲料就可以养牛、养羊、

养兔，还可以养鸡、养鸭、养鹅；牛粪可以种蘑菇，又可以养蚯蚓。养的东西都是产品，供人食用；蚯蚓是饲料的高蛋白添加剂。它们排出的废物也还可以再利用，加工成鱼塘饲料，或送到沼气池生产燃料用气。鱼塘泥和沼气池渣才最后用来肥田。这就是于光远同志讲的“现代科学的‘穷办法’”，和邓宏海、曹美真同志说的“多次利用循环模式”。

这样，我们一方面充分利用生物资源，包括植物、动物和微生物，另一方面又利用工业生产技术，也就是把全部现代科学技术，包括新的技术革命，都用上了。不但技术现代化，而且生产过程组织得很严密，一道一道工序配合得很紧密，是流水线式的生产。这就是农业型的知识密集产业。上面讲的只是简单的示意介绍，要深入研究下去，还有许多工作要做。但它是一个值得重视的方向，它已经不是传统的农业了，其特点是以太阳光为直接能源，利用生物来进行高效益的综合生产，是生产体系，是一种产业。我们也要注意到，只有直接用太阳光能的植物生产过程才需要占用地面，其他生产过程，利用动物和细菌的生产过程，以及工厂加工，是在厂房中进行的，可以在楼房，也可以在地下，因此可以少占地面积或不占地面积，使我们国土面积能够最有效地使用，这也是所谓“庭院经济”概念的进一步发展。

当然，从天文学的观点来说，站在遥远的星球上看我们，好像没有什么变化，地球接受的太阳光能量还是通过生物，通过人，最后通过大气以低温热辐射的形式返回星际空间。但在地球上的中国，变化可大咧，这将使中国人民生活得好得多！

（二）农业产业

要再进一步讨论农业型的知识密集产业，就得把这种产业分分类。第一个是农田类的农业，以种植粮食作物和经济作物为基础，在我国约占16亿亩面积。这个产业是目前最受注意的，因为它在我国是劳动力最多的、也是产值最高的农业型产业。它包括的不只是种植业的农，也是绿化的林、养畜的牧、养家禽的禽，还有渔，也有养蜜蜂、蚯蚓等的虫业，还有菌业，微生物（沼气、单细胞蛋白）业；当然也必须有副业和工厂生产的工业，所以是十业并举的农业产业体系。为了深入研究和发展这类产业体系，我想有必要考虑在不同地区、不同自然条件，设置试验点，调集科学技术力量，创造经验，开辟道路。

试验点该有多大？关于这个问题，我们要看得远一点。历史上，资本主义社会形成中是破坏农村、建设城市，人口涌向大城市。我们今天要走城市同农村同时建设，城市同集镇协调发展的道路。上述农业产业的据点是集镇，大约万人左右；其中直接搞种植业的只是少数，也住在集镇，早出晚归；其他生产、粮食的深度加工、食品工业都在集镇。集镇是生产和文化教育中心，盖楼房少占地。将来甚至可以发展到地下，冬暖夏凉，又完全不占地面；地上是园林，供人民游园休息。

（三）林业产业

林业是又一类农业型的知识密集产业。如果包括宜林荒山，我国林业面积可达45亿多亩，是农业的三倍。现在林业的形势落后于农业，尚在探索最适当的生产关系。只是不久前才听到贵州省有了联户承包大面积跨区山林的形式，这可能是个苗头。

生产关系和生产体制问题解决了之后，就要解决林业产业的生产组织和生产技术。这方

面要发展木本食用油和工业用油的生产，可以参考农业产业的一些做法。林业产业当然也有牧、禽、虫、菌、微生物、副业和工业的生产，也会有些农田种植和鱼池养殖业。

但作为林业产业特点的，是林木的加工和森林枝叶的利用。现在把原木运出林区到城市加工的做法值得考虑。能不能把木材在林区加工到半成品、成品？能不能从林区直接运出纸张？如能做到这一点，再加枝叶的利用，那么林业产业就可以大搞饲料，发展牲畜；牲畜粪又可以养蚯蚓等，获取饲料的蛋白质添加剂。而大量排放的有机废液又可以用来生产沼气，作为林业产业的燃料产品。这样我国林业产业在45亿亩面积上，不但提供食用油、工业用油、竹木制品、纸张、肉食、乳制品等，而且能每年提供相当于上亿吨标准煤能量的沼气。

创建知识密集的林业产业也要通过试点，取得经验。例如，县和县以下的生产组织和分工究竟如何构筑为好，就需要从实践中摸索，逐步弄清楚。

（四）草业产业

再一类农业型产业是草原经营的生产，这可以称为草业。我国草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有43亿亩，也差不多是农田面积的三倍。但我国目前草原的经营利用十分粗放，效益很低。据周惠同志的文章，从1947—1983年这37年中，内蒙古自治区的约13亿亩草原，畜牧累计产值才100多亿元，折合年亩产值只0.2元多，比每亩农田的年产值的确小得多。但利用科学技术把草业变成知识密集的产业以后，这种状况是可以改变的。

怎样利用现代科学技术发展草业？还得从利用太阳光这一能源做起，搞好光合作用，也就是要精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。这里有引种和培育优良草种的工作，还有防止自然界的敌害工作，如灭鼠。灭鼠最好少用药剂，以免牲畜受害，用鼠的天敌，如猫头鹰、黄鼠狼等。一亩草原经过这种科学改造，亩产干草多少？总可以比现在大大提高，年亩产干草几百斤总是可以的吧？这是草业的起始。

不用以放牧，这草就要及时收割下来，运送到饲料加工小厂。这里有个一年能收几次和何时收割最好的问题。但以牧草为基底的饲料加工技术是比较成熟的，前面已几次提到，不必细说。

既然集中在工厂生产饲料，饲养牲畜也当然是集中的，工厂化了的。

畜产品的乳和出栏供屠宰的牲畜，这都要运到集中的加工工厂进一步加工，综合利用。而这里有些产品，如血粉、骨粉又要返回到分散的饲料厂作为添加剂。

根据前面讲的多层次利用的设想，饲料加工的废料和饲养点的牲畜粪便也要充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车、开拖拉机、发电。这种生产和定居点大约有几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有十几公里到二十公里。既是几百人的居民点了，就可以有小学和初级中学。有用沼气和风力的上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信广播卫星可以直接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心了，应该有草业的中等技术学校和师范专科学校。

创建这种知识密集的草业产业，在我国43亿亩草原上每年可能获取几千万吨的牛、羊肉食和大量的乳品，我国人民的食品构成也将改观。当然，要做到这一点，也要选适当地区建立试点以取得经验。

(五)海业产业

又一个农业型的知识密集产业是利用海洋滩涂的产业——“海业”。我国近海有70亿亩，其中浅海滩涂为22亿亩，的确是一个巨大的资源。在这里，我们主要靠海洋中天然生长着的生物光合作用的产物，以此为饲料来经营鱼、虾、贝等的养殖和捕捞，所以类似于草原放牧：草是天生的，放牲畜去吃草生长育肥。然而长期以来我们连放牧式的海洋渔业也远没有做到，只捕捞而不养殖，就如人类原始社会早期畜牧业出现以前，以打猎为生！我们从此也就可悟到创建知识密集型海涂产业的道路，就是“转‘猎’为‘牧’”！

我们以前总好像不认为海业是一门自成体系的产业，而是所谓渔业或农业的一部分，认为海洋渔业是渔村的事，最多是依附于沿海集镇的生产活动，没有得到足够的重视。最近才开始有了转变的兆头，如山东省荣成县认识到他们有300多公里的海岸线、50万亩浅滩、水产量占山东省1/3，应该承认海洋生产的重要性，要建设一批以水产品加工和养殖为主的港口小城镇。在这批城镇中有水产品加工厂、副食品厂、塑料厂、阀门厂、渔船修造厂和对虾养殖场等，构成产业体系了。这是认识上的一个飞跃！

有了正确的认识就可以探讨建设海业的措施。这里，一个方面的问题就是改进近海渔业。我国近海面积，像上面说的有22亿亩，是日本的5.6倍，而1982年我国全部海洋渔业的产量才是日本近海渔业产量的46%。改变这种落后状况的一个技术措施是投放人工鱼礁，造成在近海鱼类栖息的好环境。只此一项就有可能把我国近海渔业产量提高十几倍，达到每年5000万吨。

再进一步，我们还应该把海洋渔业变成“海洋放牧”。这就是利用有些鱼类回游到淡水产卵孵化的习性，创造河港中鱼苗生长的条件，让幼鱼自己进入海洋，成鱼自己会回来，正好捕获。中国的高级食用鱼如大马哈鱼和鲥鱼都属此类。

海业产业的范围当然比上面讲的这两项技术大得多，还有海带、海藻的养殖业，虾、贝的养殖业。海产品多了，加工和深度加工以充分综合利用，就是必须发展的了。

当然海业产业集镇的建设和发展也要通过试点，创造经验。

(六)沙业产业

现在谈到的最后一门农业型的知识密集产业是利用沙漠和戈壁的“沙业”。在我国沙漠和戈壁一共大约也有16亿亩，和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长，极干旱不长植物的只是少数，大部分沙漠戈壁还是有些降水，有植物生长，有的还长不少的多年生小植物。也有小部分干旱地沙漠化了，那是可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠戈壁获取的只限于采集特产的药材，而且也只采不种。作为沙业产业，就应该改变为既采又种，提高产量。现在国外也有人在研究种“石油植物”，收割后提炼类似原油的产品。这样沙漠戈壁成了取之不竭的地面油田，那真是沙业的大发展了。

所有这些，还要进一步研究，但沙业产业的可能性是存在的。沙漠戈壁有充足的阳光，可以直接用太阳能电池来发电。美国加利福尼亚州现在就有个容量为(日中发电)1000千瓦的电站，计划今年底要扩建到(日中发电)16000千瓦。预计到90年代每(日中发电)1千瓦容量的建设费为两千美元，将来还可以降到接近其他电站的投资。沙漠戈壁的风力资源也很大，可

以利用来发电;这可以是项非常重大的产业,但都是直接利用太阳能,没有通过植物的光合作用,不属农业型的生产。

在上面,我简单地阐述了我们称为农业型的知识密集产业,一共五类:农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。农、林、草、海、沙之分是以其主要生产活动来定的,在某一类产业中某一具体的生产活动也会与另一类产业中某一具体的生产活动相同,有交叉。例如农业产业中也会有林木的经营,而林业产业中也有种植业生产,在丘陵地区就会出现这种交叉。但产业类型还是可以划分清楚的,即以主要生产活动划分产业类型,因为它决定了整个产业的结构。

(七)有关的科学研究和人才培养

既然说是知识密集的产业,那就要充分运用自然科学、社会科学、工程技术,以及一切可以运用的知识来组织经营它。所以在这节里,要谈谈有关的科学研究。这方面的工作量是非常大的,我们要在吸取全世界的先进经验和科学技术的同时,组织我国自己的力量,包括各高等院校、各科学研究机构等来共同攻关。

在科学研究工作中的一大课题是对生物资源的全面调查研究,因为农业型的产业是靠生物来完成生产任务的。这看起来好像是老课题了,几百年来生物学不是一直在搞这项研究吗?是老课题,但有新的内容,就是要从定性观察过渡到定量观测。这是因为我们的产业是要高效益地运转的,产业的组织结构又非常复杂,一层接一层,一环扣一环,非常严密,容不得半点差错,生产组织指挥是用电子计算机计算的。这就要求生物过程要精确地定量,不能只是定性。这个要求对生物资源的调研工作来说,就是更高的要求了。

科学研究中的又一大课题是发展新技术革命的生物工程技术,如细胞工程、酶工程、遗传工程等,为农业型的产业服务,也就是大大提高生物生产的效益和对生产有用的生物功能,以至创造新的生物。

属技术开发性的科研也有几个方面。先讲用生物进行生产的生物工厂。前面各节中已经提到单细胞蛋白质用作配合饲料的添加剂,这是用有机质的废渣废液,通过培养单细胞微生物,合成蛋白质,然后分离出菌体。我们要开发这项技术。还有沼气生产过程也要研究,提高生产效益,把目前每立方米池面积每天产气0.1立方米左右提高到1立方米以上。中国科学院成都生物研究所等单位用两步发酵法是个苗头,可能达到这个指标。再就是蚯蚓的养殖也要从现在的比较原始的办法逐步发展到全自动控制的连续性生产。还有其他。这方面的技术是随着生物技术的应用迅速发展着的,我们一定要重视它。

发展性科研的又一个方面是生物化工,也就是用生物产品作原料,用机械和化学方法,在工厂中分离和制造新产品。这里加工对象是无生命的。这一类中包括各种下脚料的利用,如骨头制骨粉,骨粉提骨蛋白质等。再如树叶也可以提叶蛋白。前面多次讲到的配合饲料更是生物化工生产的一个大项目。关于这方面的问题,不久前刘海通同志作了很好的阐述,大家可以阅读。

在前面的几节中也多次谈到生物产品的深度加工,这里是说农业型产业的成品可以是直接供人食用的食品,这方面的生产就是我们常说的食品工业。要重视食品工业,抓食品技术已为人们所认识,这里也不再多说了。

此外还有一项为开发农业型知识密集产业的科学技术，非常重要，但人们还不很重视，不大认识。这就是系统工程。组织管理复杂体系的技术，用到农业生产，就是张沁文等同志提倡的农业系统工程。农业系统工程用到今天的农业，虽有一定的作用，不容轻视，但因为现在的农业还没有组织得那么严密，农业系统工程还不能充分显示它的威力。一旦农业系统工程用到知识密集的农业产业、林业产业、草业产业、海业产业、沙业产业就能大显身手，不但在体系的组织，而且在日常生产调度上，都会显示其威力。所以研究发展农业系统工程是创建知识密集农业型产业的重要内容。

搞科学技术还得有专业人员，所以必须提出大力培养农业型产业的专门人才问题。现在我国教育系统中，对农林专业重视得很不够，工科专业比重过大。这种比例失调一定要改正过来，大大增加农林专业，生物专业，轻工、食品工业专业的招生人数，包括高等院校和中等专业技校。可能还要考虑创办一种新型的高等学校，“理农综合性大学”。这也是改变社会观念所必需的。多年来人们对理工综合性大学很重视，而对农科大学就另有看法。有人说，美国十分重视农业技术，所以法律规定州立大学都要设农林专业，开展农林科研。但这些同志也知道，美国的名牌大学不都是理工综合性大学吗？不是什么麻省理工学院、加州理工学院吗？在我们国家也是一样。著名的北京清华大学、上海交通大学、上海复旦大学目前在改革中都要办成理工综合大学。所以为了树立重视农业型知识密集产业的概念，为了培养新型农、林、草、海、沙的专业人才，创办理农综合大学是必要的。那里要设农业系统工程系，还要分五个专门化：农业产业、林业产业、草业产业、海业产业和沙业产业。

（八）将在我国出现又一次产业革命

农业型的知识密集产业的创建还不只是这些产业自身的问题，工矿业要跟上，原材料也要跟上，还有交通运输业、信息情报业、教育文化事业，以及商品流通业，城乡建设和生活服务等。所以生产关系也将有很大的调整，这是政治经济学的研究课题了。对生产力的组织，变动就更大了，简直是个大改组，这是生产力经济学要解决的课题。创建五个类型的知识密集产业，涉及到中国的 8 亿人，总投资大约要几万亿到几十万亿元，资金从何出？怎样利用国际金融资本？这些都是金融经济学的课题。实际问题也还远不止上述的三个方面，所以创建农业型的知识密集产业还将大大促进我国社会科学的发展。

这难道不是翻天覆地的变化吗？这难道不是我国在公元 2000 年实现工农业总产值翻两番之后，在 21 世纪再进一步建设中国式的社会主义，向共产主义迈进吗？我曾说：大约一万年前在中国出现的农牧业生产是世界历史上的第一次产业革命；大约 3000 年前在中国出现的商品生产是世界历史上的第二次产业革命；在 18 世纪末，19 世纪初英国出现的大工业生产是世界历史上的第三次产业革命；在 19 世纪末、20 世纪初在西方发达国家兴起的国家和国际产业组织体系是世界历史上的第四次产业革命；而现在由于新的技术革命所引起的世界范围的生产变革是世界历史上的第五次产业革命。五次产业革命！那么创立农业型的知识密集产业将引起的生产体系和经济结构的变革，不是 21 世纪将要在社会主义中国出现的第六次产业革命吗？这难道不是一个值得我们深思的严肃问题吗？

本文选自《农业系统科学与综合研究》1985 年第 1 期。

附录 16

我们应该研究如何迎接21世纪

在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指引下，中国正在进入一个跨世纪的发展时期。每一个关心国家和民族未来发展的中国科技工作者，都应关注和思考如何迎接21世纪的问题。不仅要研究在这段历史时期科学技术可能出现哪些重大的突破和发展，而且还要探索这些科技发展作为第一生产力，对现代中国将发生哪些重大影响和推动作用，从而使我们对迎接21世纪有充分的思想准备。本文作者们在过去的一年多时间里，一直在思考这个问题，现将有关想法写成本篇文字，作为工作档案。

(一)关于现代中国的三次社会革命

人类即将送别20世纪，迎来21世纪。20世纪对我们来说，是中华民族觉醒、奋斗并取得胜利，继而开始走向振兴的世纪。

从1921年7月1日中国共产党成立之日起，以毛泽东为代表的中国共产党人，把马克思主义基本原理和中国革命的具体实践相结合，找到了中国革命取得成功的道路，提出通过新民主主义革命走向社会主义的战略。在马克思列宁主义、毛泽东思想指引下，中国共产党领导全国各族人民，经过28年的艰苦奋斗和流血牺牲，终于推翻了压在中国人民头上的“三座大山”，把一个贫穷落后的旧中国变成了社会主义新中国，这是中国历史上最伟大的翻天覆地的革命，可以说，这是现代中国的第一次社会革命。这次社会革命主要是以政治的社会形态的飞跃——政治革命——而引发的社会革命。而政治革命必然引起经济的社会形态和意识的社会形态的变革。所以，这次社会革命的结果是政治上建立了社会主义制度，理论上确立了马克思列宁主义、毛泽东思想的指导地位，经济上打破了半封建半殖民地社会的生产关系，逐步建立起社会主义新型生产关系，使中国劳动人民的积极性得以发挥，社会生产力获得解决。从这个意义上说，现代中国的第一次社会革命是解放生产力的社会革命。

以毛泽东为核心的党的第一代中央领导集体，在新中国成立后，又领导全国人民开始了新的长征，积极进行中国社会主义建设和现代化道路的探索，这是一项更为复杂更为艰苦的伟大事业。当时唯一能够借鉴的是前苏联的社会主义模式，但毛泽东敏锐地觉察到它并非十全十美。他在《论十大关系》和《正确处理人民内部矛盾问题》这两篇著作中指出，社会主义社会的

基本矛盾仍是生产关系和生产力之间的矛盾，上层建筑和经济基础之间的矛盾；我们的根本任务已由解放生产力变为在新的生产关系下面发展生产力。他还提出了许多关于中国社会主义建设的重要理论和观点。党的“八大”明确指出，社会主要矛盾已不再是无产阶级和资产阶级的矛盾，而是人民对经济文化迅速发展的需要同不能满足这种需要之间的矛盾。这样，就自然要把全党的工作重点转移到以经济建设为中心、大力发展生产力上来。所有这些都反映出我们党第一代领导集体，为突破苏联僵化模式，探寻中国社会主义建设道路的正确思想。可以设想，如果真正沿着这条路线走下去，中国的面貌同以后的实际情形将会大不相同。可惜，从1957年反右斗争扩大化开始，逐渐发生了“左”的倾向。“以阶级斗争为纲”代替了以经济建设为中心，而且愈演愈烈，一直发展到“文化大革命”的十年动乱，造成了空前的灾难，错过了发展经济的大好历史时机，未能取得本来有可能达到的更大成就。而恰恰在这段时间内，外部世界的一些国家兴起了技术革命，经济上快速发展。有些原来经济水平和我们相差不多的国家和地区，却进入了经济起飞阶段，并取得很大成功。

从今天来看，在现代中国的第一次社会革命以及后来对社会主义现代化建设的探索中，无论是成功的经验还是失败的教训，都是十分宝贵的财富，它从正反两个方面为现代中国的第二次社会革命创造了条件。

1978年，中国共产党十一届三中全会实现了具有深远历史意义的伟大转折，掀开了中国历史的新篇章。邓小平同志根据马克思主义的基本原理，把发展生产力确定为社会主义的根本任务。他指出：“社会主义的本质是解放生产力，发展生产力，消灭剥削，消灭两极分化，最终达到共同富裕。”这是对马克思主义理论的重大发展，它为解决中国这样经济文化比较落后的国家如何建设社会主义，如何巩固和发展社会主义等一系列基本问题指明了方向，开辟了道路。正是在这些思想和理论指导下，形成了以经济建设为中心，坚持四项基本原则，坚持改革开放的党的基本路线，从而确立了中国实现社会主义现代化的道路。江泽民总书记指出：“在中国历史发展的这个重要阶段，邓小平同志把马克思主义基本原理同中国实际和时代特征结合起来，继承和发展了毛泽东思想，以开辟社会主义建设新道路的巨大政治勇气和开拓马克思主义新境界的巨大理论勇气，集中全党和全国人民的智慧，创造性地提出了建设有中国特色社会主义理论。”这个理论为我们党举起了一面引导全国各族人民迈向21世纪的伟大旗帜，开始了现代中国的第二次社会革命，即发展生产力的社会革命。

改革开放是发展社会生产力和实现社会主义现代化的必由之路，是社会主义制度自我完善和发展的正确途径，因而是取得中国第二次社会革命成功的关键。通过经济体制、政治体制、文化体制、科技体制、教育体制等的改革，我国社会生产力有了飞跃发展，取得了举世瞩目的巨大成就。党的十四届三中全会提出建立社会主义市场经济体制，标志着我国的改革开放进入了一个新阶段，在改革和发展两个方面，都将上一个新台阶。目前，我国人民正在以江泽民同志为核心的党的第三代中央领导集体的领导下，抓住机遇，深化改革，扩大开放，促进发展，保持稳定，为在20世纪末初步建成社会主义市场经济体制，实现邓小平同志提出的达到小康的第二步发展目标而努力奋斗。到建党100周年时，我们将建成成熟的社会主义市场经济体制，到下个世纪中实现第三步发展目标，即基本实现社会主义现代化。到那时，现代中国第二次社会革命的目标和任务才算基本完成。这次社会革命的结果是经济上建立了社会主义市场经济体制，并进入发展生产力的新阶段，大大推动了社会主义物质文明建设；政治上巩固和发展了社会主义制度；思想上坚持和发展了马克思列宁主义、毛泽东思想，创立了建设有中国

特色社会主义理论。社会主义精神文明建设和政治文明建设水平都将有更大的提高。一个富强、民主、文明的社会主义中国将屹立在世界东方。

现代中国第一、二次社会革命的成功将充分证明，马克思列宁主义、毛泽东思想和邓小平的建设有中国特色社会主义理论，都是革命和建设的真理，任何时候都必须坚持。但事物总是不断变化和发展的，历史也是不断演进的，20世纪科学技术的飞速发展，正孕育着21世纪的重大突破。根据现在已经出现的许多苗头，可以预料，在即将到来的21世纪，由于信息技术、生物工程和医学、人体科学的发展，将导致相继并在一定时间段重叠出现的人类历史上三次新的产业革命，这三次新的产业革命结合在一起，将开创人类社会生产力创新发展的新阶段，它必将引起经济的社会形态的飞跃发展，同时还要引起政治的和意识的社会形态的变革，最后导致现代中国的第三次社会命，也是创造生产力的社会革命。

概括起来说，现代中国已经经历和将要经历的社会革命是：

第一次社会革命是从政治革命入手，解放生产力的社会革命；

第二次社会革命是以经济建设为中心，发展生产力的社会革命；

第三次社会革命是以新的产业革命为先导，创造生产力的社会革命。

基于以上认识，下面对21世纪将出现的三次新的产业革命以及由此引发的现代中国第三次社会革命作进一步探讨。这些虽是21世纪中叶的事，但我们现在就应在理论上进行探索和研究，为迎接21世纪的到来做好思想准备，以免重犯第一次社会革命以后，即50年代末至70年代中期的挫折和错误。

(二)21世纪相继出现的三次新的产业革命和组织管理革命

马克思主义关于科学技术对生产力发展、生产关系变革以至社会革命的重大影响的思想，是唯物史观的基本内容。邓小平提出科学技术是第一生产力的论断，是对唯物史观的重大发展。根据这种唯物史观，我们认为，科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起经济的社会形态的飞跃，这就是产业革命。在人类历史上已出现过第一、二、三、四次产业革命，正面临的是第五次产业革命，还将出现第六次和第七次产业革命。

1. 第五次产业革命

以微电子、信息技术为基础，以计算机、网络和通信等为核心的信息革命，就是我们正面临的第五次产业革命。

18世纪末，由于蒸汽机的出现所引发的人类社会的第三次产业革命（即一般所说的工业革命），开创了人-机结合的物质生产体系，由于机器动力的驱动使生产力大为发展。在今天的第五次产业革命中，由于计算机、网络和通信的发展与普及，将使劳动资料的信息化、智能化程度大大提高，这又将开创新一代的人-机结合劳动体系。它标志着现代社会生产已由工业化时代进入到信息化时代，世界经济也开始从工业化经济逐步向信息经济转变，知识和技术密集型产业将成为创造社会物质财富的主要形式。因而在产业结构上，除了原来的第一、二、三产业外，又创立了第四产业，即科技业、咨询业和信息业；第五产业，即文化业。在就业结构上，从事一、二产业的人数在劳动就业总人数中所占的比例不断下降，而从事第四产业的人数比例则不

断上升。计算机和通信网络的结合和普遍使用，不仅改变着人们的生产方式和工作方式，大大提高了物质生产力；而且改变着人们的研究方式、学习方式、生活方式和娱乐方式，计算机软件也成为人类文化的组成部分之一，开创了人-机结合的精神生产力，从而最终消灭人类历史上形成的体力劳动和脑力劳动的差别。

2. 第六次产业革命

70年代末80年代初，相继出现了重组DNA技术，动植物细胞大规模培养技术、细胞和原生质体融合技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。

经过多年来的发展，生物技术在农、林、牧、渔业、医药工程、轻工食品等领域，都有了很大发展，取得了一批重要成果，有些已应用到实践之中。如用生物技术产生新的动植物品种，提高粮食和肉、鱼、奶的产量和质量，如培育蛋白质含量高的小麦新品种；抗病、抗虫和富含高蛋白的蔬菜新品种；耐旱、耐盐碱且含高蛋白的牧草新品种；培育抗病、抗寒新鱼种及高级牛、高级羊（羊毛质量高）、超级猪和鸵鸟等等。总之，以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业，即开创了大农业产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。这不仅是劳动对象的拓广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制运作。这样发展起来的第一产业（农业）和第二产业（工业）除生产产品不同外，在生产方式上已无实质性差别，即工业和农业之间的差别消灭了，两者结合起来成为物质资料产业。

此外，从第六次产业革命的内涵来看，它主要不是发生在大城市，而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带。随着这一产业革命的发展，这些地方也都将改造成小城镇。目前在我国已有了这样一些苗头，如大邱庄、华西村等。因而，第六次产业革命的另一个直接社会效果是将消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别。

民以食为天，这个伴随人类生存的重要而又不可或缺的问题，到了21世纪，随着第六次产业革命的到来，也将发生革命性的变化，即饮食业革命。由于人体科学的建立和发展，将能确定人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的合理营养需求结构。再加上生物技术大大拓广的饮食原料，完全可以运用营养科学设计出各种人所需要的多种多样的饮料和食品，并采取工业生产方式加工生产，形成真正的快餐业。所谓快餐业就是烹饪业的工业化，即把古老的烹饪操作用现代科学技术和经营管理技术组织得像大规模工业生产那样，形成烹饪产业（cuisine industry）。其运作方式是从原料的生产、粗加工到精加工，加上与之相关的供销渠道、以及相辅的金融业等结合在一起，形成配套运转的企业或公司集团。这就是21世纪的饮食产业，是人类历史上有关“吃”的一次革命，是第六次产业革命的深化和发展。这次革命的结果，将把人从几千年来的家庭厨房操作中解放出来，大大改变人们的生活方式。

3. 第七次产业革命

人体科学（包括医学、生命科学等）在21世纪将有巨大发展。人体功能的提高，将使生产

力三要素中最重要、最活跃的劳动力素质大大提高，其影响将渗透到各行各业，这无疑又将引发一次新的产业革命，这就是涉及人民体质建设的第七次产业革命。

人体的保健和治病，需要靠生物学、生理学、病理学等生命科学提供的科学理论。但这对于确定病人身体状态并设计出改进和纠正到健康状态的治疗措施来说，是不够的，还需要对人体整体状态的了解，即对人体功能态的认识。认识人体功能态目前主要靠实践经验。医生们依靠临床经验，逐渐总结出一套个人“心得”。这是临床医生的感性认识，各有一套，形成不了总的“医理”。以至临床误诊往往成为不可避免的现象。根据尸体解剖，证明误诊率约达1/3；有的医学统计提出，罕见病的误诊率竟高达60%以上。所以对于人体这样一个开放的复杂巨系统来说，单靠传统的还原论方法是不能彻底解决问题的，必须再加上系统科学中发展起来的从定性到定量综合集成方法，把中医、西医、民族医学、中西医结合、体育医学、民间偏方、气功、人体特异功能、电子治疗仪器等几千年来人民防病治病，健身强体的实践经验综合集成起来，总结出一套科学的全面的现代医学，即综合集成医学。这个医学包括治病的第一医学，防病的第二医学，补残缺的第三医学以及提高人体功能的第四医学。这样，就可以真正科学而系统地进行人民体质建设了，人民体质和人体功能都将大大提高。

建立综合集成医学的核心措施，是利用第五次产业革命发展起来的信息技术，建立医疗卫生信息网络。利用这个网络可以做到：

(1)收集古今中外医案，按病人的身体测试数据及病情和性别、年龄等分类，建立信息资料库；

(2)能根据输入的病人情况，给出治疗方案的建议；

(3)能与临床医生进行人-机对话，以便确定治疗方案。

这个网络可以对病人进行完整、有效、快速的测试，而医生则可以用人-机结合方法，对病人实施综合治疗。

在建立和利用这个网络的同时，还要不断使网络扩充和改进，吸收新的医疗经验，加强它的功能。同时，还要培养培训新型医生，即能与医疗卫生信息网络进行人-机对话的“综合医生”或“全面医生”，他们能依据人-机对话结果确定治疗方案(包括中药、西药、手术、针灸、按摩推拿等各种手段)。显然，按照这样的医疗方式，就必须改造现有医院的组织体系结构，建立新型医院和新的医疗卫生体制。这就为医疗卫生事业的革命开辟了新的道路。

4. 组织管理的革命

技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说，这犹如随着硬件的革新，计算机技术的发展，必须有相应的软件跟上才行。系统科学是20世纪中叶兴起的一场科学革命，而系统工程的实践又将引起一场技术革命，这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命。

在20世纪60、70年代，我国首先在航天领域倡导系统工程的组织管理，并在实践中取得成功。由此我们又将这一思想推广到社会，提出了社会系统工程的概念。为了实现社会系统工程，我们提出建立国家社会主义建设总体设计部的建议，江泽民总书记在1991年“三八”节那天还专门召集政治局常委会议，听取了我们的汇报。总体设计部由多部门、多学科的专家组成，在以计算机、网络和通信为核心的高新技术支持下，对社会主义现代化建设的各种问题，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调，提出具有可行性和可操作性的配套的

解决方案，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。到 80 年代，我们注意到中央领导同志经常提到改革是一项极其复杂的系统工程。这就是说，社会系统远比任何工程系统复杂得多，运用处理简单系统，甚至简单巨系统的方法，不能解决社会系统的问题。在研究了社会系统、人体系统、人脑系统等的基础上，我们又提出了开放的复杂巨系统概念及其方法论，即"从定性到定量综合集成法"，后来又发展到"从定性到定量综合集成研讨厅体系"的思想。这是把下列成功的经验和科技成果汇总起来的升华：

(1)几十年来学术讨论会(seminar)的经验；

(2)从定性到定量综合集成方法；

(3)CI 及作战模拟；

(4)情报信息技术；

(5)人工智能；

(6)灵境(virturalreality)技术；

(7)人-机结合的智能系统；

(8)系统学；

(9)"第五次产业革命"中的其他各种信息技术；

……

这个研讨厅体系的构思是把人集成于系统之中，采取人-机结合，以人为主的技术路线，充分发挥人的作用，使研讨的集体在讨论问题时互相启发，互相激活，使集体创见远远胜过一个人的智慧。通过研讨厅体系还可把今天世界上千百万人的聪明智慧和古人的智慧(通过书本的记载，以知识工程中的专家系统表现出来)统统综合集成起来，以得出完备的思想和结论。这个研讨厅体系不仅具有知识采集、存储、传递、共享、调用、分析和综合等功能，更重要的是具有产生新知识的功能，是知识的生产系统，也是人-机结合精神生产力的一种形式。

系统科学、系统工程和总体设计部，综合集成和研讨厅体系紧密结合，形成了从科学、技术、实践三个层次相互联系的研究和解决社会系统复杂性问题的方法论，它为管理现代化社会和国家，提供了科学的组织管理方法和技术，其结果将使决策科学化、民主化、程序化以及管理现代化进入一个新阶段。

面向 21 世纪，三次产业革命，再加上系统科学、系统工程所引发的组织管理革命，将把中国推向第三次社会革命，出现中国历史上从未有过的繁荣和强大。

(三)现代中国的第三次社会革命

根据马克思提出的社会形态概念，我们认为，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。这就是一个社会的三个侧面，它们相互联系，相互影响并处在不断变化之中。飞跃式变化就是我们常说的革命。相应于经济的社会形态的飞跃是产业革命，相应于意识的社会形态的飞跃是文化革命，而相应于政治的社会形态的飞跃则是政治革命。社会革命是指整个社会形态的飞跃，所以，产业革命、文化革命、政治革命都是社会革命。

结合我国社会主义现代化建设，相应于这三种社会形态有三种文明建设，即物质文明建设(经济的社会形态)，包括科技经济建设、人民体质建设；精神文明建设(意识的社会形态)，包括

思想建设和文化建设;政治文明建设(政治的社会形态),包括民主建设、法制建设和政体建设。国家和社会的发展还要受到所处地理环境的影响,我国社会系统环境建设就是社会主义地理建设,包括基础设施建设、环境保护和生态建设。这样,我国社会主义现代化建设包括了上述三个文明建设和地理建设,共四大领域,九个方面。其中科技经济建设是中心。这就是我国社会主义现代化建设的系统结构。

到21世纪中期,中国大地出现的第三次社会革命,不仅是第一、第二次社会革命的继续和发展,而且迎着现代科技革命的新潮流,在三次新的产业革命的推动下,脑力劳动和体力劳动差别、城乡差别、工农差别在逐步消失。人的思想觉悟,科技文化知识,身体状况和人体功能都会有很大提高,各种创造发明将层出不穷,使中国进入创造生产力的新阶段。这不仅极大地促进了社会主义物质文明建设、精神文明建设、政治文明建设,而且使三个文明建设之间以及地理建设进入了协调发展时期,这必将使中国由社会主义初级阶段进入到发达阶段。综合起来可以看出,现代中国第三次社会革命的主要特点是:

1. 社会主义物质文明建设将有巨大发展

经过第五次产业革命在劳动资料方面的迅速进步,第六次产业革命在劳动对象上的拓广,第七次产业革命在劳动者素质上的全面提高,再加上组织管理革命所提供的科学的组织管理,所有这些因素融合在一起,就能更有效地把生产力中各要素有机结合起来并合理配置,使生产的效率和效益将有飞跃发展,社会生产力发生史无前例的巨大进步,科技经济建设、人民体质建设都进入一个新阶段,社会物质财富也大大丰富起来,人民的生活水平也将有很大的提高。如果说中国第一次社会革命使中国人民站立起来了,第二次社会革命使中国人民发展起来了,那么第三次社会革命将使中国人民更富裕起来、更充实起来、更聪明起来和更文明起来了。

在第三次社会革命中,人的主导作用将充分发挥,既是体力劳动者,又是脑力劳动者,既是科技人员,又是文艺人。人的聪明、才智都将得到充分发挥,而且积极性也将空前高涨。在这个阶段上,真正实现和发挥科学技术是第一生产力的巨大作用,持续的技术创新成为推动经济发展的主要动力和源泉,科技业将成为国民经济的带头和主导产业,实现把整个国民经济建立在依靠持续的科技进步和高水平劳动者素质的基础之上。

整个经济进入到发达的社会主义市场经济阶段,这将是一个完善、灵活和充满生机的体制。宏观上国家调控,微观上是集团公司管理和经营。为最大限度地满足人民的需要,不仅要跟踪市场,还能把人民潜在需要明朗化,并与各种高新技术相结合,以更新的产品去创造市场。这就是说,在创造生产力阶段,生产不仅具有快速、准确跟踪市场的能力,而且还有超前预见去创造市场的能力。

在就业结构上也发生了很大变化:直接从事物质资料生产(一、二产业)的人员将减少,大约占一线就业人员的20%左右,从事服务业(三、四、五产业)的人员占40%左右,从事科学技术的人员占15%左右,从事文学艺术人员占15%左右,政府、解放军及事业(包括教育)人员占4%,而从事司法的人员占6%,形成一个小政府大社会的组织结构。中国发达的社会主义市场经济,生产的数量、质量、速度和效益都将大大超过我国的过去,也将高于其他国家,走在世界的前列。

2. 社会主义政治文明建设将更加完善

新的三次产业革命,推动政体建设、法制建设和民主建设,将引起一次政治的社会形态的

变革。这场变革的核心是建立起与创造生产力相适应的生产关系和上层建筑。这种生产关系和上层建筑，不仅能适应和推动创造生产力的发展，而且随着这种生产力的发展，具有自我调整、自我组织的能力，以适应和推动生产力的持续发展。

管理国家、管理社会，总的原则是“宏观控，微观放”。按照这个原则，在政体建设上，将弱化政府的直接控制，强化人民自己各种组织的作用，尊重人民，相信人民是历史的创造者。在弱化直接控制的同时，要加强政府的间接调控，要从总体上研究和解决社会系统的新问题，这就要用系统科学、系统工程、从定性到定量综合集成法及综合集成研讨厅体系，并用总体设计部作为决策的咨询和参谋机构，中央、地方和部门都有自己的总体设计部，构成一个总体设计部体系，这就保证了决策科学化、民主化、程序化，使国家和社会的管理进入现代化阶段。同时，大大发展起来的计算机、通信网络技术，使我们有可能建立起人民意见反馈网络体系、中央集权的行政网络体系和全国法制网络体系，把它们和综合集成研讨厅体系结合起来，就能把我党传统的一些原则、方法，如从群众中来，到群众中去，民主集中制等科学完美地实现了。这样，国家的宏观调控就可以做到小事不出日，大事不出周，最难最复杂的问题也不出月，就能妥善而有效地解决，正确而又灵敏。随着法制系统工程的实施，法制建设的发展，国家和社会各个领域都将法制化，我国将成为一个发达的法制国家，以保证社会长期稳定与安定。同时充分发扬社会主义民主，形成如毛泽东同志所说的一个又有集中又有民主，又有纪律又有自由，又有统一意志，又有个人心情舒畅、生动活泼那样一种政治局面。

另一方面，我国是社会主义国家，热爱世界和平，我们将严格遵守和平共处五项原则，团结一切可以团结的国家和人民，维护正义，保卫和平。因此，我国国家的作用仍然是：①对外防止敌人入侵，建立起用高科技武装起来的现代化国防力量，使新型的解放军越过机械化军队阶段，成为一支精干的信息化军队，这是21世纪国际斗争和竞争环境所需要的。同时，加强国际竞争和斗争的战略、策略、战术的运筹，使我国永远立于不败之地。②对内维持社会秩序，强化司法工作，组织管理社会主义物质文明、精神文明和政治文明的各项建设工作。

3. 社会主义精神文明建设将达到更高水平

三次产业革命的到来也将引起意识的社会形态的变革，形成一次真正意义上的文化革命(其含义绝不同于“无产阶级文化大革命”)，推动社会主义精神文明建设向更高境界发展，创造出更多更高水平的精神财富，满足人民的精神需要。

科技队伍的加强，科学技术的进步，文艺队伍的加强和文学艺术的繁荣都是史无前例的。我们提出的现代科学技术体系必将大大丰富和发展，使我们对世界的认识越来越全面，越来越深刻，改造世界的能力也越来越强。科学、教育、文化、艺术日益紧密结合起来，互相促进、互相渗透，向更高层次和水平发展。科学技术的发展为文学艺术提供了新手段，产生出新的文艺形式。同时，我国5000年辉煌的文学艺术传统也将结合最新科技成果，发扬光大！社会主义中国要把全世界全人类的智慧和精华统统综合集成起来。

在这次文化革命中，另一个革命性的变化是大成智慧教育的兴起。信息文化教育网络的建立，小孩子一入学就学会使用智能化终端机，采用人-机结合的教育和学习方式，不仅能大大缩短学习时间，而且理、工、文相结合的教育体制也将形成。这就有可能进行全才教育，使人越来越聪明，情操越来越高尚，达到全才与专家的辩证统一。另一方面，大成智慧学的产生，将大大丰富我们的思想。我国唯心主义哲学家熊十力曾提出过人的智慧的两个方面：“性智”与“量

智”，我们可以学马克思当年把黑格尔的客观唯心主义倒过来，并创建了辩证唯物主义的方法，把人们从实践总结出来的智慧，在文化艺术方面的称为性智，在科学技术方面的称为量智，而且把性智和量智真正统一和结合起来，这将在世界观、方法论以及思维上丰富了马克思主义哲学。大成智慧学也将使哲学教育大大普及，其意义和影响将是十分深远的。

4. 地理建设将进入协调发展的新阶段

三次产业革命引发的第三次社会革命，使中国社会系统内部进入了持续、协调发展的时期，社会主义物质文明、精神文明和政治文明建设都有了飞跃发展，这三次产业革命以及三项文明建设的巨大成就又大大促进了我国社会系统的环境——地理系统的建设，使我国社会主义地理建设进入了新阶段，社会系统和地理系统之间也进入了持续协调发展的新时期，地理建设又为我国社会主义文明建设持续稳定地发展提供了物质基础。

通过环境保护、生态建设和基础设施建设以及地理系统工程的组织管理，在以下几个方面都将达到新的水平。

(1)环境保护和绿化。在创造生产力阶段，人们已有能力把工业化阶段造成的气体、液体、固体、噪声等污染降到最低限度进行根本治理。同时现代大农业的发展，大规模植树造林，把森林覆盖率提高到50%以上，草产业、沙产业的发展，从根本上解决了水土流失、土壤盐碱化、沙漠化等问题，使戈壁沙漠变成绿洲，我国的环境保护和生态建设进入了新阶段。

(2)资源系统建设。地下资源(包括深层地下资源)、地面资源、海洋资源和空间资源都能得到合理开发利用和保护。大规模南水北调工程的实施，将使水资源得到合理开发和充分利用，彻底解决北方干旱缺水问题。同时还要开发海水淡化技术，解决诸如大连市这样临海城市的严重缺水问题。此外垃圾行业作为一个产业部门(在第二产业中)的建立和发展，不仅解决了环境污染问题，还能达到资源永续。

(3)能源系统建设。可再生和清洁能源，如水电、风电、日光电、生物电等，将有极大发展。

(4)自然灾害防治。在自然灾害的监测、预报水平上的提高，在防灾、救灾能力上的增强，能使我们对自然灾害的斗争进入主动状态。

(5)城镇及居民点建设。在第三次社会革命中，已消除了工农业差别和城乡差别，特别是通过“山水城市”建设，使生活园林化，我国城镇及居民点建设也将因此而达到新水平。

(6)综合交通运输体系和现代信息通信业的建设。以铁路、公路、河运、海运、航空运输、管道运输等为主体的现代综合交通运输体系，用高新技术装备起来，将进入现代化水平，这种高度发达的立体交通运输网络对社会生产和人民生活将带来极大的方便；第五次产业革命将极大推动现代信息通信业建设，使我国的信息通信业达到现代化水平。现代计算通信网络和现代交通运输网络使信息流、物质流畅通无阻，使人与人之间，单位与单位之间，省与省之间的距离“近”了，整个国家变“小”了，而人的作用则变“大”了。

许多在第一、第二次社会革命中无法解决的问题，在第三次社会革命中得到了彻底解决，如所谓的“轿车文明”问题。人们的生活工作需要轿车，但过多的轿车又带来污染、噪声和交通拥挤，这也是一直困扰现代发达国家的问题。但在中国第三次社会革命中，这类问题是可以解决的。首先由于第五次产业革命的发生，使多数劳动者可以通过信息网络在家办公和劳动，不用外出乘车了；其次，由于建设“山水城市”和生活园林化，在一个建筑区中，中小学校、商店、医疗中心、文化场所及其他服务设施都已具备，人走路可达，不用坐车；而建筑小区之间的林草花

木公园，人们可以休息散步，锻炼身体。远离小区的必要出差、访友、游玩，又有城镇的高效公共交通网可用，需要去更远的地方，还有民航、高速铁路、水路等现代交通运输网可以使用。这就是我们没有必要去走今天发达国家那种发展家用小轿车的道路，因而也就避免了“轿车文明”所带来的社会问题。

(7)中国人口问题将会得到解决。在第三次社会革命中，中国的人口控制问题，由于人民物质生活和文化水平的提高，各种社会保障体系的建立和完善，必将取得巨大成就。到下个世纪中叶，我国人口规模可稳定在15亿左右，妇女生育率保持在临界生育水平上，人口发展进入了零增长状态。由于第七次产业革命的推动，中国人口质量也将大大提高，人口年龄结构也会进入合理分布状态。

地理建设的巨大进展，大大促进了人与自然之间的协调发展，也就是实现了人口、经济、社会、资源和生态环境的协调发展，使中国进入了可持续发展的新阶段。

(四)世界社会形态

今天，由于第五次产业革命的推动，世界范围内的市场经济发展，经济上全球一体化趋势日益增强，世界正逐渐形成一个相互联系的大社会，哪个国家也不能闭关自守。另一方面，从世界各国情况看，在经济上有发达国家、发展中国家、不发达国家；在政治上有社会主义国家、资本主义国家、封建主义国家；在意识形态上有以马克思列宁主义居统治地位的国家、以资产阶级自由民主观念居统治地位的国家、以各种不同宗教信仰居统治地位的国家等。这将是资本主义社会形态之后，实现共产主义之前的一种过渡的世界社会形态。它将打破地区、国家的界限，在促进全球经济一体化的同时，也会一步一步地向政治一体化的方向发展。在这个阶段上，由于三次社会革命成功的推动，中国已经强大起来，人们从中国的发展和繁荣中看到了社会主义的优越性，社会主义将战胜资本主义，人类最终将走向世界大同的共产主义社会！

本文选自《钱学森系统科学思想文库·创建系统学(新世纪版)》．上海交通大学出版社，2007年1月出版。

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝钱学森第六次产业革命理论学习读本
作者＝内蒙古沙产业，草产业协会，西安交通大学先进技术研究院编
页数＝２１０
ＳＳ号＝１３２３９８８９
出版日期＝２０１２．０１

附录１５　　创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业

附录１６　　我们应该研究如何迎接２１世纪